



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

---

# **Gestão da Produção e da Manutenção Preventiva de Equipamentos na Indústria Automóvel**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

**Autor**

**Carla Sofia Oliveira Lopes**

**Orientador**

**Professor Doutor José Manuel Torres Farinha**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, Maio, 2019**



## **Agradecimentos**

Ao Professor José Manuel Torres Farinha, pelo acompanhamento e apoio ao longo da realização deste trabalho, através da sua sabedoria e capacidade de análise do perfil das coisas e das pessoas.

À Ângela Pereira e aos outros colegas da Funfrap, pelo apoio e por me terem ajudado naquele que foi o meu primeiro contacto com o mundo industrial.

Ao chefe Pedro, pelo apoio e disponibilidade prestados, pelo conhecimento que me transmitiu através da sua experiência e pelo esforço em ajudar-me a concretizar este trabalho.

À Joana Santos, pelos momentos partilhados e pelo companheirismo que me ajudou a integrar-me e a crescer dentro da segunda Empresa.

Aos restantes colegas que me fizeram crescer e com quem aprendi bastante na segunda Empresa.

Aos meus avós, por serem um refúgio em dias difíceis e uma inspiração para continuar, mesmo sem saberem.

Aos meus pais, pelo carinho e suporte, e por serem o pilar que sustenta a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão, por, ainda que longe, me lembrar em determinados momentos que se pode mais, pelos conselhos, incentivo e motivação que me deu.

Ao Rafael, pela persistência, pela confiança que fez crescer em mim, pela paciência, por compreender, por não desistir, pelo apoio nos momentos de incerteza a quem tenta atingir a utopia das coisas, pelo trabalho que ajudou a levar avante até ao fim.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

A Ti, que me fizeste acreditar que era capaz de transformar o conhecimento em reflexão, ganhar força e poder usá-la para a crença virar verdade, através da razão que sustenta e assegura a persistência e a vontade de conseguir criar, com confiança: a confiança crescente permitiu dar luta, lidar com o que ainda não se conhecia, aprender até ao pormenor que não acaba, fazer nascer a concretização pessoal, e saciar de vez o sentimento de me tornar útil.



## Resumo

O presente relatório foi desenvolvido a partir das atividades desenvolvidas em duas empresas diferentes, ambas pertencentes ao ramo automóvel.

A primeira experiência decorreu na empresa Funfrap, S.A., especializada na produção de peças de ferro fundido, nomeadamente componentes para motores automóveis, sendo a Renault um dos seus principais clientes.

A segunda atividade refere-se a uma Empresa multinacional, que se concentra na área da produção das estruturas metálicas de bancos para automóveis.

A presente monografia descreve o trabalho desenvolvido nas duas empresas, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, que incide na melhoria da gestão de diversas vertentes ao nível da Manutenção Preventiva.

Na Funfrap começou-se por incidir ao nível da estrutura dos equipamentos, trabalhando em paralelo na reformulação da codificação de artigos para reorganização do armazém de Peças-de-Reserva, tendo como objetivo atingir um sistema de gestão *Lean*, bem como na organização e preparação de trabalhos de manutenção preventiva.

O objetivo último visou aumentar a disponibilidade dos equipamentos com a diminuição de tempos de espera entre a comunicação de uma avaria e o início da respetiva intervenção, no caso da manutenção não planeada, permitindo reduzir custos.

Na segunda Empresa a abordagem foi similar, tendo-se feito uma análise dos problemas ao longo do tempo, tentando perceber quais as suas causas-raiz e colaborando na construção de documentação *Standard*, essencialmente para tarefas de Manutenção Preventiva.

O objetivo final visava, com uma maior base temporal, analisar indicadores que demonstrem a melhoria e otimização das intervenções realizadas, com base numa gestão mais eficiente dos ativos existentes.

Face ao percurso efetuado nas duas empresas, do mesmo setor de negócio, o resultado final foi francamente importante, tendo permitido obter uma aprendizagem muito enriquecedora, que aumentou de forma muito significativa a visão da autora desta área de negócio, designadamente nas vertentes de atividade em que decorreram os trabalhos.

**Palavras-chave:** Gestão da Manutenção; Árvore da Máquina; Subconjuntos; Peças-de-Reserva; Pareto; Soldadura MAG.



## **Abstract**

This report was developed taking into consideration the work done in two different companies in the automotive sector.

The first experience took place in Funfrap S.A., a company specialized in the production of cast iron parts, mostly components for cars engine. Renault is one of the biggest clients of this company.

The second experience took place in a multinational company, focusing on the production of the metal structure for car seats.

The present monography resumes the work performed in the aforementioned companies, in the scope of my master's degree in engineering and industrial management, focusing on the improvement of several strands regarding preventive maintenance.

At Funfrap, the work developed at an earlier stage was focused in equipment structure, namely working in parallel in the reformulation of the codified articles to achieve the reorganisation of spare parts warehouse, in order to achieve lean management; organisation and preparation of preventives maintenance.

The ultimate objective would be to increase the availability of equipment working to reformulate article codification to reorganize the warehouse, applying Lean methodologies as well as organising and preparing preventive maintenance tasks.

In the second company, the approach was similar. A long analysis was made to understand the problems' root causes and effectively developing Standard documentation, primarily for Preventive maintenance.

The final goal would be, with more time and analytical procedures, to create indicators to prove the optimisation and improvement of the answer performed by the preventive maintenance. The base of these indicators was a more efficient management of the company resources.

It was very important for my personal and career growth to work in two different companies in the same sector. These experiences allowed me to learn in a wider context within the automotive sector since both companies produce different components using different processes.

**Key-words:** Maintenance Management; Machine Tree; Subassemblies; Spare Parts; Pareto; MAG Welding.





# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Índice .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xv
Nomenclatura.....	xvii
Siglas e abreviaturas .....	xvii
Letras e símbolos .....	xix
1. Introdução.....	1
1.1. Ao nível do setor automóvel.....	1
1.2. Ao nível da Gestão da Manutenção .....	3
2. Contextualização .....	7
2.1. Tipos de Manutenção.....	7
2.2. Gestão da manutenção – função e estratégias.....	9
2.3. Gestão da manutenção – métodos e técnicas .....	10
2.3.1. Análise FMEA .....	14
2.3.2. Análise FMECA .....	17
2.3.3. Análise RAMS.....	19
2.3.4. <i>Lean Manufacturing, Just In Time (JIT)</i> e outros conceitos de origem japonesa 21	
2.3.5. Gestão Visual da Produção - Kanban .....	22
2.3.6. Outros métodos e técnicas .....	24
2.4. Aplicação e organização das ferramentas de gestão utilizadas em função da manutenção dos recursos materiais e humanos da empresa .....	25
2.4.1. Binómio entre o Custo e a Flexibilidade .....	26
2.4.2. Binómio entre o Custo e a Qualidade .....	27
2.5. Estado da arte .....	27
2.5.1. WCM (World Class Manufacturing).....	28
3. A Empresa FUNFRAP.....	31
3.1. A indústria que desenvolve.....	31

3.1.1.	Caraterização do seu Processo de Fabrico .....	31
3.2.	Estrutura <i>layout</i> da Funfrap .....	33
3.3.	Política de gestão da empresa.....	34
3.3.1.	WCM.....	34
3.3.2.	Pilar PM .....	36
4.	Planeamento e Gestão da Manutenção na empresa Funfrap .....	39
4.1.	Plano de trabalho .....	39
4.2.	Estrutura de codificação dos Equipamentos e/ou Peças-de-Reserva .....	41
4.3.	Classificação ABC .....	46
4.4.	Elaboração/reformulação dos dossiês dos equipamentos.....	51
4.4.1.	Árvore da Máquina .....	51
4.4.2.	Elevador nº 10.....	52
4.5.	Pequena análise ao nível da Manutenção Preventiva dos equipamentos .....	59
4.5.1.	Manutenção Planeada Preditiva (de condição) .....	59
4.5.2.	MTTR e MTBF.....	60
5.	Outra experiência ao nível da indústria automóvel .....	65
5.1.	Apresentação da Empresa .....	65
5.1.1.	Contextualização.....	65
5.2.	Conceitos-chave que sustentam a Política de Gestão da Fábrica .....	66
5.2.1.	Política de gestão .....	66
5.2.2.	Conceitos-chave que sustentam a base de gestão .....	67
5.3.	Processo produtivo .....	69
5.4.	Processos base da Produção (noção teórica) .....	71
5.4.1.	A Soldadura.....	71
5.4.2.	Tipos de Soldadura.....	71
5.4.3.	Ferramentas usuais de soldadura.....	77
5.4.4.	A Rebitagem .....	79
5.4.5.	Tipos de Rebitagem .....	79
5.4.6.	Ferramentas usuais de rebitagem .....	85
5.4.7.	O Aparafusamento .....	87
5.4.8.	O Bushing .....	91
6.	Trabalho realizado na fábrica - Estudo de alguns dos parâmetros de gestão da Produção.....	93
6.1.	As Instruções de Trabalho - <i>Standard's Work</i> (SW).....	93

6.1.1.	Realização/atualização de SW's para alguns Postos de Trabalho .....	95
6.1.2.	Atualização de SW's de Saúde e Segurança no Trabalho .....	96
6.1.3.	Realização de SW's para o planeamento da Manutenção Preventiva das paletes das linhas de Montagem.....	97
6.1.4.	Realização de SW's para Transferência de Tarefas da Manutenção para a Produção.....	98
6.1.5.	Procedimento base para realizar uma Transferência de Tarefas .....	98
6.1.6.	Concretização da Transferência de Tarefas.....	100
7.	Organização das Paletes na linha .....	107
7.1.	Numeração das paletes.....	107
7.2.	Plano de Manutenção Preventiva.....	108
7.3.	Lista de <i>Spares</i> .....	109
7.4.	Verificação de preços e verificação/criação de códigos de armazém.....	109
7.5.	Registo de saída da paleta – indicação do tipo de intervenção, identificação do problema, e fecho da intervenção .....	109
7.6.	Construção de documentos <i>Standard</i> (para Manutenções Preventivas da paleta)...	110
7.7.	Criação de “ <i>zoning</i> ” para as paletes de reserva .....	111
8.	Análise de dados de paragens e classificação das mesmas com a realização de gráficos de Pareto .....	113
8.1.	1ª Análise .....	116
8.2.	2ª Análise .....	119
8.3.	3ª Análise .....	121
8.3.1.	Problema da Afinação de Cordões .....	128
9.	Análise da Utilidade do Posto de Rodagem das correções .....	143
9.1.	Contextualização do problema.....	143
9.2.	Objetivo do estudo .....	143
9.3.	Variáveis associadas .....	144
9.3.1.	Correções.....	144
9.4.	Plano realizado.....	145
10.	Conclusões.....	151
	Referências bibliográficas .....	153
	Anexos.....	1
	Anexo A - Métodos utilizados pelo Pilar PM da empresa Funfrap .....	1
	Anexo B - Plano de Análise da Utilidade do Posto de Rodagem das correções .....	3



## Índice de Figuras

Figura 1 - Constituição genérica de um automóvel (visão frontal) [Adaptado de (Lubricants, Chassis Components)].	1
Figura 2 - Constituição genérica de um automóvel (visão lateral) [Adaptado de (Lubricants, Electrical Components)].	2
Figura 3 - Tipos de Manutenção.	8
Figura 4 - Dependência cíclica entre as quatro variáveis como base de uma análise RAMS.	20
Figura 5 - Aplicação do Kanban na Produção [Adaptado de (Silva, 2016), (Gonçalves, 2018), (Sago, 2015) e (Roberto Monteiro)].	23
Figura 6 - Aplicação do Kanban na gestão de <i>stocks</i> [Adaptado de (Silva, 2016) e (Accarpio, 2016)].	24
Figura 7 - Ferramentas de Gestão.	29
Figura 8 - Fábrica FUNFRAP - Fundação Portuguesa, S.A. [Fonte: (TEKSID, 2015)]	31
Figura 9 - Layout geral da fábrica Funfrap Aveiro [Fonte: Documentação interna da Funfrap].	34
Figura 10 – WCM: <i>World Class Manufacturing</i> [Fonte: (Cardoso, 2017)].	35
Figura 11 - Fluxograma com proposta de trabalho inicial.	40
Figura 12 - Exemplificação da estrutura padrão de codificação de artigos.	41
Figura 13 - Classificação ABC comum [Adaptado de (EXPRESS, 2016)].	47
Figura 14 - Cálculo das percentagens quantitativas das famílias de artigos.	48
Figura 15 - Atribuição das classes com base na percentagem cumulativa dos artigos.	49
Figura 16 - Curva ABC relativa às Peças-de-Reserva do ficheiro do Armazém.	50
Figura 17 - Tipos de correias transportadoras [Fonte: (Caetano, 2014)].	52
Figura 18 – Tipo de correia transportadora do Elevador 10 (correia elevadora de alcatruzes) [Adaptado de (bizfeira) e (Caetano, 2014)].	53
Figura 19 - Elementos principais do elevador [Adaptado de (Ferreira)].	54
Figura 20 - Constituição da correia transportadora [Adaptado de (Mills)].	54
Figura 21 - Cabeça e pé do elevador [Fonte: (CONVEYORS, 2018)].	55
Figura 22 - Grupo de tração [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].	55
Figura 23 - Sistema de alimentação (Grupo de tração) [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].	56
Figura 24 – Motor [Fonte: Documentação interna da Funfrap].	56
Figura 25 – Redutor [Fonte: (AOKMAN)].	56
Figura 26 - Grupo de tensão [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].	57
Figura 27 - Tambor mandado (grupo de tensão) [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].	57
Figura 28 – Chumaceira [Adaptado de (TIMKEN) e Documentação interna da Funfrap].	58
Figura 29 - Rolamento bipartido [Adaptado de (Brammer) e (cotanet)].	59
Figura 30 - Constituição fundamental de um banco de automóvel [Adaptado de (TsTech)].	66
Figura 31 - Organograma exemplificativo da estrutura organizacional dos colaboradores.	68
Figura 32 - Processo produtivo dos projetos da UAP.	70

Figura 33 - Ilustração do processo de Soldadura MIG/MAG [Adaptado de (Gastolin, 2017)].	72
Figura 34 - Soldadura de Pontos por Resistência (SPR) [Adaptado de (Luo, Rui, Xie, & Zhu, 2016) e (México)].	74
Figura 35 - Soldadura Laser [Adaptado de (IONIX, LASER WELDING, s.d.)].	75
Figura 36 - Soldadura Laser com adição de material [Adaptado de (IONIX, HYBRID LASER WELDING, s.d.)].	76
Figura 37 - Comparação dos resultados dos diferentes processos de soldadura: a) Soldadura MAG, b) Soldadura Laser, c) Soldadura Híbrida [Adaptado de (EAGLE)].	76
Figura 38 - Componentes base do equipamento num processo de soldadura manual [Adaptado de (Oerlikon, 2018)].	77
Figura 39 - Componentes base da ferramenta num processo de soldadura robotizada [Adaptado de Documentação interna da Empresa].	78
Figura 40 - Rebitagem Orbital [Adaptado de (Commons, 2017)].	80
Figura 41 - Movimento giratório do punção em direção ao rebite [Adaptado de (Mraz, 2016)].	81
Figura 42 - Rebite POP [Adaptado de (Ideal) e (EMHART TEKNOLOGIES)].	82
Figura 43 - Ilustração do processo de Rebitagem POP [Fonte: (Bollhoff, 2018)].	82
Figura 44 - Rebitadora manual [Adaptado de (LojadoMecanico) e (Tools)].	83
Figura 45 - Exemplo de conjunto de fixação Lockbolt (rebite + colar) [Adaptado de (dzbzj.com)].	84
Figura 46 - Ilustração do processo de Rebitagem Lockbolt [Fonte: (Bollhoff, 2018)].	84
Figura 47 - Constituintes gerais da pistola de rebitagem [Adaptado de (Beta-Werkzeuge.de) e (JET, 2015)].	86
Figura 48 - Mecanismo de pistola de rebitagem: a) Pistola Lockbolt; b) Comparação da estrutura fundamental das pistolas Lockbolt e POP [Adaptado de (Alibaba.com) e (Tools M. A., 2018)].	87
Figura 49 - Ilustração do torque aplicado ao movimento de uma porta [Adaptado de (Academy, 2016)].	88
Figura 50 - Ilustração do torque aplicado ao movimento de aperto de uma porca ou parafuso [Adaptado de (Buen, 2016)].	89
Figura 51 - Comportamento do parafuso à medida que a tensão e o ângulo de deslocamento da sua rosca aumentam [Adaptado de (Garcia, 2011)].	90
Figura 52 - Forças de atrito que oferecem resistência ao movimento do parafuso [Adaptado de Documentação interna da Empresa].	91
Figura 53 - Procedimento de Segurança LOTO.	97
Figura 54 - Processo de Transferência de Tarefas [Fonte: Documentação interna da Empresa].	99
Figura 55 - Tocha de soldadura e seus componentes [Adaptado de (Fronius) e (MacroWeld)].	101
Figura 56 – Motor de alimentação de uma máquina de soldar (Manípulo e Calcador) [Adaptado de (Torneiro, 2017)].	102

Figura 57 - Motor de alimentação de uma máquina de soldar (Carretos) [Adaptado de (Torneiro, 2017)].	102
Figura 58 - Bobine do fio de alimentação [Fonte: (WURTH)].	103
Figura 59 - Caudalímetro para medição do caudal de gás [Fonte: (AliExpress)].	103
Figura 60 - Regras de Saúde e Segurança no Trabalho para um posto de soldadura manual.	104
Figura 61 - Exemplo de identificação para uma das paletes.	108
Figura 62 - Tipos de Manutenção.	114
Figura 63 - Representação gráfica do N° <i>tickets</i> por Semana da UAP (de W1 a W46).	116
Figura 64 - Representação gráfica do Tempo de Paragem por Semana da UAP (de W1 a W46).	116
Figura 65 - Representação gráfica do N° <i>tickets</i> por Turno - UAP (W1 a W46).	117
Figura 66 - Representação gráfica do N° <i>tickets</i> por Turno e por Semana - UAP (W1 a W46).	117
Figura 67 - Representação gráfica do N° <i>tickets</i> por Posto - UAP (de M1 a M11).	118
Figura 68 - Representação gráfica do Tempo de Paragem por Posto - UAP (de M1 a M11).	118
Figura 69 - Representação gráfica do N° <i>tickets</i> por GAP - UAP (M1 a M11).	119
Figura 70 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M5, M6 e M7).	119
Figura 71 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M5).	120
Figura 72 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M6).	120
Figura 73 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M7).	120
Figura 74 - Representação do N° <i>tickets</i> por Posto (M5, M6 e M7).	122
Figura 75 - Representação do N° <i>tickets</i> por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 14.	123
Figura 76 - Representação do N° <i>tickets</i> por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 29.	123
Figura 77 - Representação do N° <i>tickets</i> por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 23.	124
Figura 78 - Representação gráfica do N° cordões NOK em função do Cordão em causa (W1 a W45) - AT.	129
Figura 79 - Representação gráfica do N° cordões NOK em função do Cordão em causa (M10 e M11) - AT.	130
Figura 80 - Representação gráfica da % Cordões NOK em função do Tipo de Defeito (W1 a W45) – AT – Cordão nº 7.	131
Figura 81 - Representação gráfica da % Cordões NOK em função do Tipo de Defeito (W1 a W45) – AT – Cordão nº 2.	131
Figura 82 - Defeito de porosidade no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].	132
Figura 83 - Defeito de desvio no cordão de soldadura [Adaptado de Documentação interna da Empresa].	133
Figura 84 - Parâmetros principais que definem a qualidade do cordão de soldadura [Adaptado de Documentação interna da Empresa].	134
Figura 85 - Defeito de vazamento no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].	135
Figura 86 - Defeito de falta de penetração no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].	136

Figura 87 - Defeito de bordos queimados na soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	136
Figura 88 - Defeito de projeções no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	137
Figura 89 - Defeito de falha de arco no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	138
Figura 90 - Defeito de fissuramento no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	139
Figura 91 - Outros tipos de defeitos de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	140
Figura 92 - Soldadura ideal [Fonte: Documentação interna da Empresa]. .....	140
Figura 93 – Exemplo de correção [Adaptado de (Sébastien, 2014)]. .....	145
Figura 94 - Ilustração da curva de estabilização do esforço de uma correção.....	148



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Exemplo de índices de Severidade [Adaptado de (Farinha, 2011)]. .....	15
Tabela 2 - Exemplo de índices de Ocorrência. ....	16
Tabela 3 - Exemplo de índices de Detecção [Adaptado de (Farinha, 2011)]. .....	16
Tabela 4 - Exemplo de matriz de Criticidade (C) [Adaptado de (Farinha, 2011)]. .....	18
Tabela 5 - Exemplo de matriz de Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR) [Adaptado de (Farinha, 2011)]. .....	19
Tabela 6 - Os 7 Passos do Pilar PM [Adaptado de Documentação interna da Funfrap]. .....	37
Tabela 7 - Classificação ABC em quatro classes. ....	49
Tabela 8 - Resumo da Classificação ABC para as Peças-de-Reserva do Armazém. ....	50
Tabela 9 - Plano temporal para a Manutenção Preventiva das paletes da linha – Posto P5...108	



# Nomenclatura

## Siglas e abreviaturas

4M	Material, Machine, Man, Method
5G	Gemba, Gembutsu, Genjitsu, Genri, Gensoku
5S	Seiri, Seiton, Seizo, Seiketzu, Shitsuke
5W	5 What's
5W+H	What, When, Where, Who, Which, How
AR	Augmented Reality
AT	Assento Traseiro
CBM	Condition Based Maintenance
CMT	Cold Metal Transfer
CPR	Coefficiente de Prioridade de Risco
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ET	Encosto Traseiro
ETE	Esquema das Tarefas Elementares
EWO	Emergency Working Order
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
FTA	Failure Tree Analysis
GAP	Grupo Autónomo de Produção
HERCA	Human Error Root Cause Analysis
JIT	Just In Time
KAI	Key Activity Indicators
KPI	Key Performance Indicators
LBW	Laser Beam Welding
LCC	Life Cycle Cost
LOTO	Lock Out Tag Out
MABEC	Codificação específica da Renault
Macro	Macrográfico
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas

MO	Mão-de-Obra
MPInfo	Maintenance Prevention Information
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
NOK	Not OK
OPL	One Point Lesson
OT	Ordem de Trabalho
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PE	Ponto de Encomenda
PM	Professional Maintenance
R&R	Repetibilidade & Reprodutibilidade
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Security
RBM	Risk Based Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
RH	Recursos Humanos
RSW	Resistance Spot Welding
SMP	Standard Maintenance Produce
SOP	Standard Operation Procedure
SPR	Soldadura de Pontos por Resistência
SS	Stock de Segurança
SW	Standard Work
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TBM	Time Based Maintenance
TCT	Tabela de Combinação de Tarefas
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TWTTP	The Way To Teach People
UAP	Unidade Autónoma de Produção
WCM	World Class Manufacturing

## **Letras e símbolos**

A	Availability
C	Criticidade
D	Deteção
M	Month
O	Ocorrência
P	Posto de trabalho
S	Severidade
T	Turno
W	Week
$\lambda$	Taxa de Avarias
$\mu$	Taxa de Reparações



## 1. Introdução

No geral, o trabalho realizado aborda o estudo da melhoria da organização e gestão industrial, mais vocacionada para a gestão da Manutenção Preventiva das fábricas, neste caso, contribuindo para a gestão de organizações que produzem ambas para a indústria automóvel, mas que fornecem produtos completamente diferentes.

Este trabalho incidiu na melhoria da gestão de diversas vertentes ao nível da Manutenção Preventiva, sendo que na primeira fábrica trabalhou-se dentro do departamento da Manutenção, e na segunda, mais diretamente com a Produção.

Para tal, interessa perceber a relação entre os conceitos principais que estão patentes neste trabalho, refletindo um pouco sobre o que inclui a indústria automóvel e o que os métodos de Gestão da Manutenção podem trazer para melhorar a eficácia das organizações em causa.

### 1.1. Ao nível do setor automóvel

A nível industrial, o setor automóvel é um mundo, onde é fácil qualquer um perder-se se pensar na complexidade de componentes por que é constituído um carro.

As figuras seguintes (Figura 1 e Figura 2) ilustram algumas das partes principais de um automóvel de forma muito resumida. Isto, se se pensar apenas nos veículos ligeiros, sem considerar o caso dos veículos pesados, como autocarros e camiões, em que aumenta ainda mais a sua complexidade.

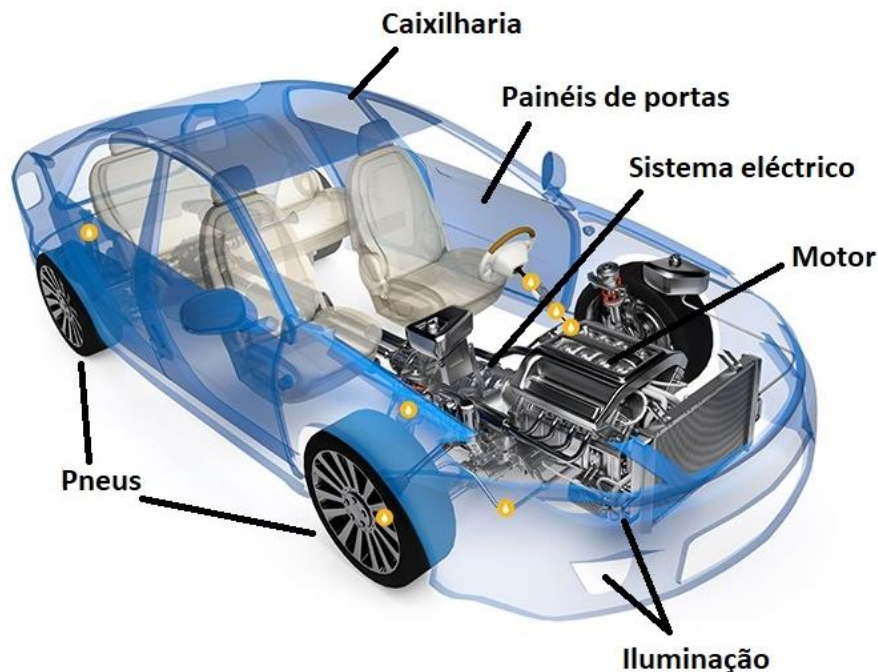


Figura 1 - Constituição genérica de um automóvel (visão frontal) [Adaptado de (Lubricants, Chassis Components)].

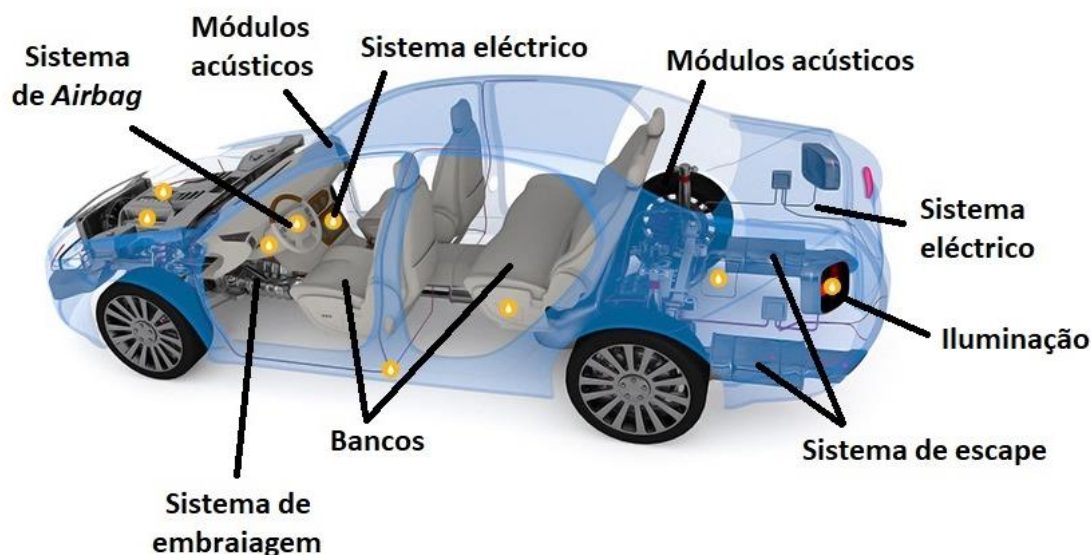


Figura 2 - Constituição genérica de um automóvel (visão lateral) [Adaptado de (Lubricants, Electrical Components)].

Pode pensar-se na parte exterior do carro, onde temos o sistema de iluminação do veículo (faróis), os pneus, a parte da estrutura metálica que sustenta toda a fisionomia do carro e a chapa de revestimento externo (caixilharia), os sistemas de escape, etc.

No seu interior, tem-se os componentes de plástico, como painéis de portas, painéis de instrumentos e módulos acústicos, por exemplo.

Por outro lado, têm-se os bancos, cujo fabrico tem de obedecer a certos critérios de segurança para proteção do passageiro.

Depois, tem-se todo o sistema elétrico que sustenta o seu funcionamento, os vários sistemas de *Airbag*, o sistema de embraiagem (volante, caixa de velocidades, pedais, etc) e, em definição da sua vida e durabilidade, o coração do carro: o motor. Este último elemento fundamental constitui-se com base em tantos outros componentes, como blocos de motores, cabeçotes, cambotas, cárteres, caixas diferenciais, coletores, etc.

Estes são apenas alguns dos sistemas constituintes, para além de todos os outros elementos que não foram referidos, e que têm de existir para o seu funcionamento.

Qualquer uma das partes integrantes é, por si só, complexa, e aumenta o interesse em saber cada vez mais, tentando perceber como é que no fim se consegue agregar todo o conjunto, dando origem a este produto que está tão presente nas nossas vidas, muitas vezes sem se saber quais os recursos-chave e mecanismos que o fazem andar, e que lhe permitem funcionar.

Quando muitos referem que um carro tem alma, dizem-no precisamente por ser tão complexo e a sua manutenção ter de se basear num número de fatores quase infinito, quando é necessário levá-lo a um centro de reparação sempre que surge algum problema. É compreensível, na medida em que devem ser poucas as pessoas em todo o mundo que conhecem toda a constituição de um carro na íntegra.



Por exemplo, alguns dos componentes dos motores são produzidos em fábricas como a Funfrap, que utiliza processos de fundição e moldação.

Por outro lado, o fabrico de bancos de automóvel baseia-se em várias áreas produtivas, que fazem parte do leque de processos que são necessários para se obter o produto final, de acordo com a constituição fundamental de um banco.

Os processos variam desde o fabrico do enchimento, o revestimento dos tecidos e/ou couros, e o fabrico da estrutura metálica, que sustenta todo o produto.

A segunda Empresa que foi possível conhecer trabalha ao nível da produção da estrutura metálica dos bancos de automóvel.

## **1.2. Ao nível da Gestão da Manutenção**

Atualmente, a política de gestão de manutenção de uma organização é de enorme importância, pois é um aspeto que lhe permite distinguir-se da concorrência como sendo melhor e capaz de dar mais garantias na resposta às necessidades do mercado. Em empresas de cariz industrial, esta importância acresce, devido à necessidade do incremento da disponibilidade dos ativos físicos, sendo este um dos aspetos que têm mais impacto na concretização dos objetivos estratégicos traçados pelas organizações.

O objetivo global de qualquer empresa é ter os mais baixos custos de produção para poder disponibilizar uma oferta economicamente mais atrativa para o mercado e obter o máximo lucro, o que requer inovação e otimização dos recursos; para atingir estes objetivos torna-se necessário fazer a gestão de vários aspetos em simultâneo, tais como, a gestão dos recursos disponíveis, os custos de Mão-de-Obra (MO), materiais e energia, a qualidade das intervenções, a qualidade dos produtos, o cumprimento de prazos de entrega, entre outros.

É difícil conseguir manter a disponibilidade de todos os equipamentos e ao mesmo tempo manter a qualidade e produtividade resultantes do seu uso. Adicionalmente, muitas vezes, os equipamentos da fábrica são já muito antigos e não estão nas melhores condições de funcionamento. Seja nas vertentes mecânica, eletrónica, pneumática ou hidráulica, ou outras, qualquer máquina ou instalação sofre degradação ao longo do tempo, sendo necessário assegurar o seu bom estado de funcionamento, para que se mantenha operacional. Este objetivo vai sendo alcançado através das atividades que estão subjacentes ao papel da Manutenção, designadamente, intervenções planeadas, reparações, substituição de órgãos de máquinas ou componentes, afinações/calibrações, mudanças de óleo, limpezas, lubrificações, pinturas e até mesmo correções de defeitos que possam ocorrer nos componentes como resultado do exercício da sua função.

Com o aumento do número de recursos e equipamentos disponíveis, as empresas têm mais dificuldade em fazer a gestão da manutenção de todos os ativos, o que origina perdas de eficiência nas operações e, consequentemente, o aumento dos custos de manutenção.

Ao nível da Gestão da Manutenção, há ainda muito a fazer para que as empresas consigam colmatar falhas e manter um bom desempenho no controlo, gestão e melhoria contínua dos

processos, o que requer formas de proceder cada vez mais eficazes e que permitam reduzir custos. A melhoria desta gestão e a evolução de uma empresa através de uma base sólida de autossustentação depende muito da forma de proceder e do modo como a manutenção é aplicada.

O objetivo deste trabalho foi dar contributos para a complexa tarefa da melhoria da gestão e organização de uma empresa, tendo sido possível adquirir conhecimentos essenciais em duas empresas do setor automóvel, designadamente nas vertentes da melhoria ao nível da Gestão da Manutenção.

A presente monografia tem a seguinte estrutura:

**Capítulo 1** – Introdução e enquadramento do tema, mencionando os objetivos; referência à estrutura da dissertação;

**Capítulo 2** – Contextualização teórica, metodologia utilizada e subjacente, bem como o levantamento do estado da arte;

**Capítulo 3** – A Empresa Funfrap: Processo produtivo, *layout* e política de gestão da empresa;

**Capítulo 4** – Referência ao trabalho realizado na Funfrap: Planeamento e Gestão da Manutenção da empresa;

**Capítulo 5** – O segundo contacto com a realidade industrial: Apresentação da segunda Empresa, política de gestão, processo produtivo e abordagem teórica sobre os principais processos associados à produção;

**Capítulo 6** – Início da referência ao trabalho realizado na fábrica: Abordagem das principais tarefas realizadas com o intuito de melhorar a gestão da manutenção e, consequentemente, a organização da Produção, com recurso à elaboração de documentos *Standard*;

**Capítulo 7** – Organização das paletes específicas da linha de produção, incidindo na melhoria da sua Manutenção Preventiva;

**Capítulo 8** – Análise detalhada dos problemas mais críticos da produção, com base no registo de dados dos pedidos de intervenção da Manutenção para resolver problemas nos vários equipamentos/postos de trabalho; estudo mais aprofundado de um dos problemas determinados como mais críticos e levantamento de eventuais ações de melhoria ao nível da Manutenção Preventiva dos equipamentos;

**Capítulo 9** – Análise da utilidade do posto de rodagem das corredeiras: descrição do plano elaborado para estudar todas as variáveis associadas e apurar a necessidade de existência deste posto de trabalho na fábrica;

**Capítulo 10** – Resumo conclusivo do trabalho desenvolvido: indicação das principais conclusões, considerações finais e sugestão de eventuais trabalhos futuros que possam vir a ser feitos para aprofundar ainda mais o estudo realizado.

Por fim, o trabalho agrega ainda:

- Um anexo que resume as principais ferramentas de gestão utilizadas pela empresa Funfrap;
- Um anexo que apresenta o plano detalhado que foi elaborado para o estudo da utilidade do posto de rodagem de correções da segunda Empresa.



## **2. Contextualização**

Segundo a norma NP EN 13306:2007, Manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que pode desempenhar a função requerida”. É, portanto, o conjunto de ações técnicas e de intervenção, que são necessárias para manter continuamente o bom estado operacional de todas as instalações, equipamentos e ferramentas, com a reparação, inspeção, substituição, prevenção e adiamento da sua degradação.

Dos recursos materiais aos humanos, a gestão dos recursos disponíveis de uma unidade industrial é uma necessidade crescente à medida que aumentam em número, e as máquinas e equipamentos que incorporam a linha de produção das fábricas requerem a maior eficiência possível que origine rendimento e produtividade suficientes para poderem competir com empresas concorrentes. Para tal, é necessário assegurar a continuidade do funcionamento dos equipamentos, através da manutenção dos mesmos e da gestão dessas intervenções.

Antes de se fazer a gestão de todas as tarefas de manutenção a realizar, é preciso perceber qual o tipo de intervenção que cada situação específica requer, percebendo o que é essencialmente necessário e o mais adequado fazer.

### **2.1. Tipos de Manutenção**

O tipo de manutenção a aplicar depende da situação em causa, podendo ser planeada, se se tratar de prevenção da degradação das máquinas, ou não planeada, no caso da correção de falhas ou avarias imprevistas. A figura seguinte (Figura 3) indica a hierarquia dos principais tipos de manutenção existentes.

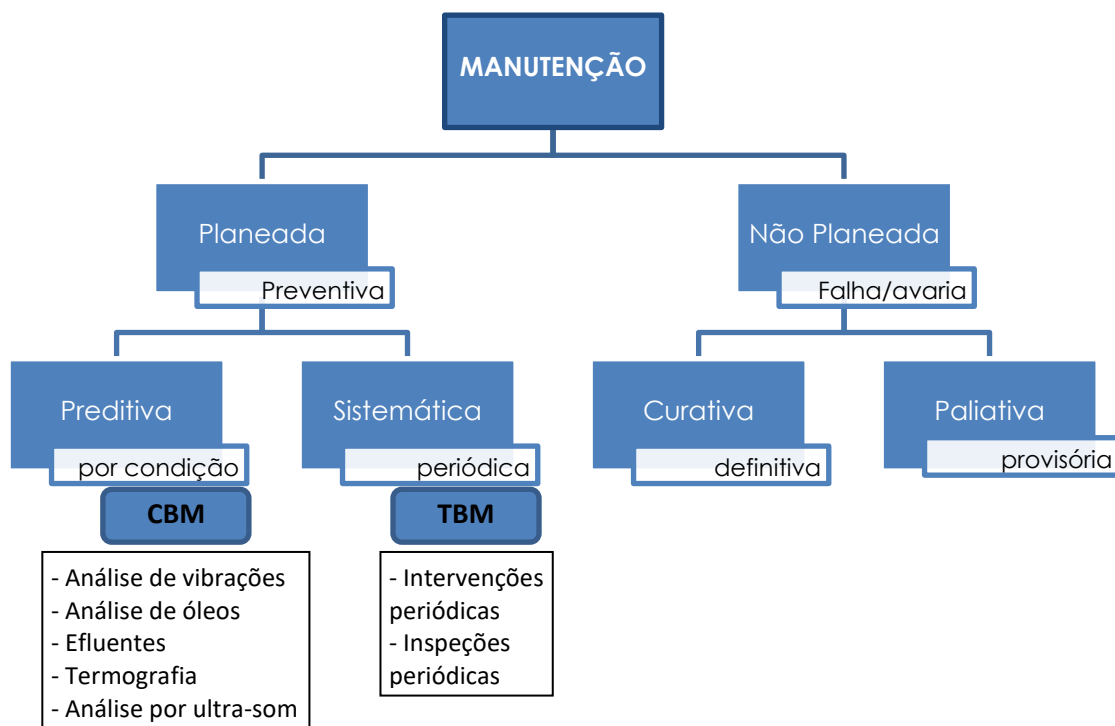


Figura 3 - Tipos de Manutenção.

A Manutenção Preventiva é a manutenção planeada, executada com base em planos de manutenção que indicam quais as intervenções a realizar e quando devem ser realizadas, tendo como objetivo retardar a degradação das máquinas e evitar a ocorrência de falhas não planeadas ou, pelo menos, diminuir a probabilidade de ocorrerem. Engloba ainda a preparação dos recursos necessários atempadamente, para que estes não faltem no momento da realização das intervenções.

Por sua vez, a manutenção planeada pode ser de condição (com ou sem predição), ou sistemática. A Manutenção Planeada Condicionada Preditiva é feita com base no estudo do estado/condição do equipamento, por análise de vibrações (ruídos na máquina diferentes do comum), efluentes (verificação de fumos, vazamento, transbordo ou derrame de fluídos, ou poeiras incomuns), análise de óleos/lubrificantes, por ultrassons (emissão de sons de elevada frequência na superfície de material que se pretende avaliar), ou termografia (medição de temperaturas em localizações chave da máquina ou em determinados órgãos ou componentes). Desta forma, de um modo geral, estas análises que permitem fazer o diagnóstico do estado do equipamento fazem-se através da medição de variáveis de controlo específicas, que podem dar origem a uma intervenção quando atingem determinados valores, definidos por limites de referência.

Já a Manutenção Planeada Sistemática caracteriza-se por ser realizada com uma determinada periodicidade, dentro do tempo de vida útil do equipamento, e com intervalos de tempo, ou de outra variável de controlo, periódicos.

A Manutenção Corretiva é a manutenção que não é planeada; é aquela que é inevitavelmente realizada, tratando-se de falhas e/ou avarias que, entretanto, já ocorreram e que devem ser prontamente corrigidas, para que os custos associados não se expandam pelo prolongamento do tempo de paragem do equipamento afetado. Este tipo de manutenção pode ainda ser Curativa ou Paliativa.

Manutenção Corretiva Curativa é a que se faz com o intuito de resolver o problema de vez, ou seja, deve identificar-se a causa para que a falha não volte a ocorrer, e a reparação é feita nesse sentido. Por outro lado, uma Manutenção Corretiva Paliativa é vista como uma intervenção que pode não resolver a raiz do problema, podendo a falha voltar a acontecer. Ou seja, é essencialmente uma reparação de curta duração, cujo objetivo é o “desenrasque” para que o equipamento não esteja parado, mas não a cura do problema.

## **2.2. Gestão da manutenção – função e estratégias**

Depois de estabelecida e concebida a atividade Manutenção em termos técnicos e práticos, é preciso controlar e desenvolver metodologias que permitam tirar o maior partido da manutenção realizada, isto é, é necessário fazer algo bem mais difícil: a Gestão da Manutenção.

Atualmente, há ainda muito a fazer no que se refere à gestão da manutenção a nível industrial. Como referido anteriormente, a área da manutenção, ainda que não pareça, envolve uma grande dimensão de aspetos que necessitam ser geridos da melhor forma, para que uma empresa evolua através de uma base sólida de autossustentação, e este suporte está em grande parte relacionado com o modo como a manutenção é realizada.

Esta gestão engloba vários elementos e procedimentos que são necessários para garantir a qualidade do produto, a concretização de objetivos traçados e a obtenção de benefícios cada vez maiores, entre eles:

- ✓ Fazer a gestão dos procedimentos de manutenção planeada (Preventiva);
- ✓ Gerir as intervenções ao nível das ações corretivas (avarias) e correntes (diárias);
- ✓ Realizar planos de manutenção ao longo do ciclo de vida dos recursos e equipamentos;
- ✓ Criar alertas associados à execução dos planos de manutenção, por listagem e *e-mail*;
- ✓ Verificar quais as manutenções em atraso e as revisões que ainda faltam realizar;
- ✓ Realizar encomendas (requisições internas e externas);
- ✓ Verificar a faturação associada ao gasto da manutenção;
- ✓ Rever fichas de identificação ajustadas a cada tipo de equipamento;
- ✓ Fazer o controlo de todos os equipamentos e recursos disponíveis na empresa;
- ✓ Conhecer continuamente o histórico de incidências e os alertas associados;
- ✓ Resolver situações pendentes;
- ✓ Criar previsão automática das novas intervenções a realizar;

- ✓ Registrar e controlar tempos de atuação e consumos gastos;
- ✓ Contribuir para a redução e controlo dos custos operacionais;
- ✓ Conseguir consistência, fiabilidade e qualidade na informação;
- ✓ Criar mapas de gestão e planeamento das tarefas e aumentar a disponibilidade de dados estatísticos;
- ✓ Estabelecer automatização dos processos de Manutenção.

(CentralGest, 2018)

Compreende-se, portanto, que é complexo o trabalho necessário para atingir um bom desempenho da organização nas intervenções de manutenção e conseguir efetivamente fazer uma adequada Gestão da Manutenção.

Tentar estar cada vez mais próximo deste grande objetivo passa pela aplicação de métodos e técnicas desenvolvidas com foco nas necessidades específicas de cada empresa e sempre em processo de melhoria contínua.

### **2.3. Gestão da manutenção – métodos e técnicas**

Associados ao conceito de Manutenção, estão outros conceitos, em consonância com a progressiva evolução das necessidades da indústria e, mais concretamente, da engenharia ao nível da manutenção industrial. O desenvolvimento da indústria veio requerer métodos de fazer manutenção cada vez mais eficazes, o que originou a criação de novos conceitos ao longo do tempo, surgindo várias metodologias para melhor executar as tarefas de manutenção e, essencialmente, melhores formas para fazer a gestão da manutenção.

Quando se começou a considerar importante a prevenção de avarias para além da sua correção, adotaram-se os conceitos de Manutenção de Condição (CBM - *Condition Based Maintenance*) e Manutenção Sistemática (TBM - *Time Based Maintenance*); nesta altura já se fazia também manutenção preventiva e não somente a correção de falhas.

A necessidade de prevenção e correção de falhas refere-se diretamente à melhoria do estudo das máquinas. Isto é, o foco está, não só, mas essencialmente, nestes recursos materiais que são os equipamentos/instalações e nas equipas que os operam e os fazem produzir com um maior ou menor desempenho enquanto recursos humanos.

Com o decorrer do tempo, foi-se tornando necessário criar uma gestão mais sólida de todas as tarefas de manutenção planeadas, de modo a minimizar os custos gerais de toda a fábrica, tendo em conta todas as ações a executar, bem como todos os recursos necessários para atingir os objetivos finais, incluindo os recursos humanos. Tudo isto não só ao nível da manutenção propriamente dita, mas com base também nas outras tarefas associadas ao ciclo de vida de todos os ativos da empresa, matérias-primas, ferramentas e equipamentos/instalações. Assim, com o intuito de tentar melhorar a produtividade global através da manutenção, surge o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*), uma metodologia sustentada fundamentalmente pelos seguintes princípios:



- Instituir formas de aumentar a fiabilidade, eficiência e eficácia dos equipamentos, bem como o seu tempo de vida útil e a sua produtividade, identificando ações de melhoria e criando novos métodos de atuar;
- Gerar e fortalecer uma interação cooperativa entre todos os departamentos da empresa, e incluindo a cooperação de todos os trabalhadores independentemente do seu grau hierárquico em relação às funções que lhes estão confinadas, suficiente de forma a conseguir-se atingir uma maior qualidade produtiva;
- Esta integração deve ser tal, que todos os colaboradores devem perceber a importância de existir uma interligação entre eles, que faça a empresa evoluir pela maior produtividade que todos juntos conseguem obter, para assim poderem sentir maior motivação no trabalho.

Deste modo, a metodologia TPM engloba a prevenção e a correção, e a instituição de melhores práticas que sejam capazes de reduzir custos de manutenção e de produção com o aumento da produtividade, através de uma manutenção mais produtiva, e com base na melhoria do desempenho dos recursos humanos, numa organização mais benéfica e numa sinergia mais sólida entre os departamentos e entre todos os respetivos colaboradores, que deverão sentir-se motivados com a produtividade das suas funções ao cooperarem entre si na resolução dos problemas. A filosofia TPM prioriza a motivação do pessoal como sendo o fator principal para se poder atingir uma maior produtividade através das tarefas de manutenção, sendo os recursos humanos a variável fulcral no caminho para a melhoria da atividade de qualquer organização.

Devido à crescente evolução da indústria e à forte necessidade de desenvolver outros métodos de atuação para prever a capacidade de resposta das empresas, aumentar a confiança do mercado na própria organização e, conseqüentemente, a mesma conseguir superiorizar o seu poder competitivo em relação a empresas concorrentes, um outro ponto óbvio onde intervir para a melhoria da atividade industrial, para além dos recursos humanos, é também a avaliação do rendimento das máquinas que interferem diretamente com o resultado produtivo da empresa em causa e a constante luta por melhorar o seu desempenho. Isto significa pensar na fiabilidade que os equipamentos a operar podem dar, e daí surge também o conceito de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM – *Reliability Centered Maintenance*). É então igualmente importante pensar bem na utilidade dos equipamentos atuais e na eficácia produtiva que através deles se consegue obter, principalmente no que se refere a reduzir as falhas nos equipamentos e os conseqüentes custos adicionais, por vezes, elevados. Este outro método compreende que é estritamente importante evitar avarias imprevistas, uma vez que estas causam prejuízos globais avultados, incluindo o tempo de paragem de um equipamento (que pode parar parte da produção) e o aumento de tempos de espera, ou mesmo atrasos na entrega de encomendas, sendo que este último pode ser fatal em algumas situações, com a eventual perda de clientes. Para o estudo da fiabilidade, para além de outros indicadores, determina-se frequentemente o Tempo Médio Entre Falhas (MTBR – *Mean Time Between Failures*), o Tempo Médio de Reparação (MTTR – *Mean Time To Repair*) e a Disponibilidade (*Availability*), relativamente a um dado equipamento/instalação, e para cada tipo de falha. A determinação do MTBF e do

MTTR é feita com base no histórico de falhas. O MTBR obtém-se tendo em conta o tempo total decorrido entre duas falhas seguidas, fazendo a média destes tempos com base em todas as ocorrências. Já o MTTR determina-se através da média dos tempos de paragem da máquina em cada falha ocorrida. Obtidos estes dois indicadores, o cálculo da Disponibilidade traduz-se na seguinte expressão matemática:

$$\text{Availability, } A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

É comum utilizar-se também os indicadores  $\lambda$  e  $\mu$  como sendo a Taxa de Avarias e a Taxa de Reparações, respetivamente. Não são mais do que o inverso do MTBF e MTTR, dando uma ideia percentual temporal em relação ao histórico das falhas ocorridas no equipamento em causa:

$$\text{Taxa de Avarias, } \lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2)$$

$$\text{Taxa de Reparações, } \mu = \frac{1}{MTTR} \quad (3)$$

Com a perceção da elevada importância destes aspetos, o método RCM concentra-se principalmente em determinar quais as ações a executar para diminuir a probabilidade de ocorrerem falhas nos equipamentos e em trabalhar continuamente para prevenir a sua degradação, definindo quais as tarefas de manutenção mais adequadas para evitar ao máximo potenciais falhas ou avarias. Tudo isto com base na avaliação das causas que originam falhas, nos efeitos provocados e no modo como as falhas acontecem, o que leva à Análise dos Modos de Falha e dos seus Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*) e/ou à Análise dos Modos de Falha, dos seus Efeitos e da sua Criticidade (FMECA - *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), novos conceitos que vêm ajudar à melhoria da Gestão da Manutenção. Utilizam-se ambos os termos, sendo que o primeiro (FMEA) é mais qualitativo, concentrando-se apenas na identificação dos modos como as falhas ocorrem e de quais os seus efeitos resultantes, enquanto o segundo (FMECA) quantifica a análise qualitativa, incluindo também uma análise crítica com base na determinação da probabilidade de ocorrência dos modos e efeitos de falhas.

Fundamentalmente, a análise FME(C)A consiste em:

1. Identificar as principais características e funções do equipamento afetado, os modos de falhas e os seus efeitos, e as possíveis causas dessas falhas;
2. Com base nos modos de ocorrência e nos efeitos que originam, as falhas são hierarquizadas de acordo com uma análise que identifica quais são as falhas prioritárias

a evitar, de acordo com as respetivas causas e com a avaliação do nível de risco de cada uma delas;

3. Avalia-se também a frequência com que as falhas ocorrem da mesma forma (isto é, determinando as probabilidades de ocorrência, para se poder analisar mais facilmente em termos quantitativos);
4. Depois, consoante esta análise, com base no RCM, são recomendadas as ações que vão evitar que essas mesmas falhas ocorram, através das técnicas de manutenção mais adequadas, e estas ações de medida são estabelecidas e organizadas e planeadas consoante a sua periodicidade necessária através das Ordens de Trabalho (OT), passando a ser parte integrante dos planos de manutenção. (Farinha, 2011)

É este planeamento de procedimentos sistemáticos que vai diminuir a probabilidade de ocorrerem falhas/avarias de forma contínua.

Assim, compreende-se a importância de recorrer ao método RCM, pois a fiabilidade dos equipamentos/instalações torna-se mais um fator prioritário a controlar, de modo a que se encontrem totalmente operacionais a responder às necessidades dos operadores e a manterem o seu desempenho e o cumprimento das suas funções. De um modo geral, é importante conseguir-se adotar um bom plano de manutenção, que permita garantir a fiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos/instalações, ao menor custo. A análise FME(C)A é mais uma ferramenta de grande utilidade aplicando o método RCM e, não sendo restrita à área da manutenção, pode utilizar-se como auxílio na análise de processos e/ou produtos na produção ou noutros setores de atuação da empresa, como por exemplo para ajudar a compreender falhas na administração, ou em qualquer outro departamento da empresa onde alguns ativos físicos possam eventualmente ser a causa de algumas falhas no serviço.

Se, por um lado, é importante avaliar as causas que estão na origem das falhas dos equipamentos, por outro, é fundamental perceber o peso dos efeitos provocados aquando da ocorrência das respetivas falhas, isto é, o impacto das consequências resultantes. A perceção deste aspeto levou à adoção de um outro conceito: a Manutenção Baseada no Risco (RBM – *Risk Based Maintenance*). Esta metodologia tem como principal objetivo manter e preservar a potencialidade e funcionalidade dos equipamentos e minimizar o risco de perda da sua integridade, evitando a sua degradação, para que assim estes possam manter a sua fiabilidade. Para tal, tem como base a avaliação do nível de risco de cada uma das potenciais falhas dos equipamentos, de modo a obter-se um plano de manutenção otimizado pela gestão do risco. O planeamento efetuado com recurso ao RBM segue essencialmente os seguintes procedimentos:

- Para cada equipamento em estudo, são identificados os principais modos de falha que podem ocorrer, e destes analisam-se ainda com mais minúcia os que têm maior probabilidade de ocorrência;
- Após a identificação dos modos de falha mais prováveis, é feito um estudo detalhado centrado nas consequências resultantes de cada um destes casos específicos;

- Procede-se à determinação quantitativa da probabilidade de falha de cada uma das situações consideradas, com recurso às Árvores de Falhas;
- De seguida, através da combinação da análise das consequências com as probabilidades de falha determinadas, calcula-se o nível de risco associado a cada falha;
- Por fim, compara-se o risco calculado com níveis de risco conhecidos que são considerados aceitáveis, atendendo a determinados critérios; e as ações de manutenção são planeadas de acordo com a sua periodicidade necessária, que é determinada com base na minimização do risco estimado.

(Farinha, 2011)

Em suma, identificam-se os principais modos de falhas que podem ocorrer e as consequências resultantes em cada um dos casos, determinam-se as respetivas probabilidades de falha e, por análise comparativa, das consequências com os valores de probabilidade de ocorrência, determina-se um valor para o nível de risco em cada uma das situações. Com os resultados obtidos, estima-se criteriosamente quais os níveis de risco mais aceitáveis e quais os menos aceitáveis. O resultado desta análise vai definir quais as ações de medida a realizar e quando devem ser realizadas, adotando-se um plano específico periódico e contínuo, fazendo-se assim um controlo sistemático que permite manter a integridade dos equipamentos e a sua fiabilidade.

Os métodos RCM e RBM têm ambos como objetivo manter a fiabilidade dos equipamentos, mas diferem na sua forma de actuar: O RCM, com base na análise FME(C)A, concentra-se em determinar as falhas que têm maior probabilidade de ocorrência, identificando, desta forma, quais as falhas prioritárias a evitar, enquanto o RBM vai mais longe, pois, além da determinação das probabilidades de falha, foca-se na avaliação do nível de risco das falhas, com base na análise das suas consequências.

### **2.3.1. Análise FMEA**

A Análise dos Modos de Falha e dos seus Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*) é uma ferramenta que incide diretamente num equipamento específico, o qual pode ser qualquer ativo físico de uma organização que possa estar a prejudicar a evolução de um processo em cadeia (como, por exemplo, um equipamento que é parte integrante da produção) ou, por exemplo, uma simples impressora pertencente ao departamento da administração. Por outro lado, o equipamento em causa pode não estar a funcionar corretamente devido a falhas de determinados componentes específicos, ou não estar a funcionar na totalidade devido a uma falha que comprometeu o funcionamento geral do equipamento, isto é, a causa da falha pode parar totalmente o equipamento, ou permitir que continue em funcionamento, apesar de não estar a funcionar nas condições devidas.

Em relação a um dado equipamento/instalação, a análise FMEA concentra-se na identificação dos diferentes modos como as falhas ocorrem, de quais os seus efeitos resultantes e, numa fase posterior, numa avaliação dos riscos de cada causa de falha. O tipo de ações de medida a executar e a sua respetiva periodicidade são definidas em função desta análise, e sempre com o

objetivo de aumentar a fiabilidade dos equipamentos em causa, ao reduzir-se a probabilidade de ocorrência de falhas com as ações de prevenção.

Essencialmente, a análise FMEA começa com a identificação das principais características e funções do equipamento afetado por parte de um grupo de trabalho pré-estabelecido. Posteriormente, compete aos recursos humanos responsabilizados fazer o levantamento dos modos de falhas verificados, dos respetivos efeitos ocorridos, e das possíveis causas dessas falhas. Com base nos modos de ocorrência e nos efeitos que originaram, as falhas são hierarquizadas de acordo com as respetivas causas e com a avaliação do nível de risco de cada uma delas, identificando-se assim quais são as falhas prioritárias a evitar.

A avaliação dos riscos de cada causa de falha é feita através de índices de caracterização da falha. Os índices são definidos com base em critérios pré-estabelecidos de acordo com a situação em causa, utilizando-se mais comumente três tipos de índices: Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). Cada índice é avaliado numa escala pré-definida com um determinado número de níveis e, desta forma, cada critério é caracterizado com o nível que se considere ser o mais adequado relativamente a cada índice.

Imagine-se o exemplo de uma máquina qualquer que é parte integrante de uma determinada organização, tendo ocorrido um dado tipo de falha. Dependendo de qual foi a falha, o estudo da sua causa vai permitir fazer uma análise de diagnóstico importante. A tabela seguinte – Tabela 1 - indica os índices de Severidade em relação a exemplos de critérios definidos nesta situação.

Tabela 1 - Exemplo de índices de Severidade [Adaptado de (Farinha, 2011)].

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	A causa da falha da máquina passa quase despercebida.
2	Pequena	A causa da falha é identificada e influencia o desempenho da máquina de forma ligeira, mas não é considerada relevante.
3	Moderada	A causa da falha influencia significativamente o desempenho da máquina, e provoca alguma preocupação.
4	Alta	A causa da falha influenciou fortemente o desempenho da máquina, deteriorando-a.
5	Muito Alta	A causa da falha provocou a disfuncionalidade da máquina, comprometendo as condições de segurança.

Em suma, através desta tabela, é possível avaliar se a causa da falha em estudo é considerada muito ou pouco severa, classificando-a de acordo com uma escala de níveis que vai desde “1 - Severidade Mínima” a “5 - Severidade Muito Alta”, obtendo-se assim um determinado índice de Severidade.

A tabela que se segue – Tabela 2 - indica um exemplo de índices de Ocorrência.

**Tabela 2 - Exemplo de índices de Ocorrência.**

<b>Índice</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Critério</b>
1	Remota	A causa que leva à falha da máquina ocorre muito raramente.
2	Pequena	A causa que leva à falha da máquina ocorre poucas vezes.
3	Moderada	A causa que leva à falha da máquina ocorre algumas vezes.
4	Alta	A causa que leva à falha da máquina ocorre muitas vezes.
5	Muito Alta	A causa que leva à falha da máquina ocorre quase sempre.

Nesta tabela, tem-se novamente uma escala de 5 níveis, que permite classificar se a causa que levou à falha ocorre com muita ou pouca frequência, mais concretamente, desde “1 – Ocorrência Remota” a “5 – Ocorrência Muito Alta”.

A última tabela – Tabela 3 - indica um exemplo para índices de Detecção.

**Tabela 3 - Exemplo de índices de Detecção [Adaptado de (Farinha, 2011)].**

<b>Índice</b>	<b>Detecção</b>	<b>Critério</b>
1	Muito grande	É quase certo que a causa que leva à falha da máquina seja detetada.
2	Grande	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é elevada.
3	Moderada	É provável que a causa que leva à falha da máquina seja detetada.
4	Pequena	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é reduzida.
5	Muito Pequena	A probabilidade de a causa da falha da máquina ser detetada é muito reduzida.

De acordo com a tabela, pode avaliar-se se a causa da falha ocorrida é fácil ou dificilmente detetável, com uma escala de níveis que define a probabilidade de deteção da causa da falha.

Neste caso, os três índices considerados estão definidos todos em 5 níveis de classificação, mas é apenas um exemplo, pelo que a escala poderia ser de 4, 6, 10 ou qualquer  $n$  níveis para qualquer um dos índices, o que depende do modo como os critérios são definidos, ainda que a escala utilizada para estas classificações varie mais comumente de 1 até 10 níveis.

Portanto, para cada indicador consideram-se então os valores de índice mais adequados para a causa de falha em estudo e, posteriormente, é feita uma multiplicação dos índices obtidos, neste

caso, o produto de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), obtendo-se desta forma aquilo que se designa por Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR):

$$CPR = S \times O \times D \quad (4.)$$

É o valor ponderado de CPR que vai servir de base para definir quais são as causas de falha de maior risco, depois de determinados os Coeficientes de Prioridade de Risco para todas as causas de falha. Assim, o maior valor obtido de CPR corresponderá à causa de falha que deve ser tratada em primeiro lugar em relação a todas as outras. Sucessivamente, obtém-se a sequência das causas de falha por ordem de prioridade de risco, estabelecendo-se quais as primeiras causas para as quais se vão definir as ações de medida que poderão evitar que as respetivas falhas ocorram novamente.

No fim, ficam então estabelecidas as ações de prevenção mais adequadas em relação a cada causa de falha, bem como a periodicidade com que serão realizadas. Nesta fase, para cada causa de falha, é também avaliada a situação atual relativamente ao controlo de falhas dessa natureza, procedendo-se à criação de novas ações de melhoria e/ou alteração de outras já existentes. Depois de definidas as ações de medida mais apropriadas, as mesmas devem ser controladas e revistas, avaliando-se os resultados da sua aplicação de forma sistemática e contínua, de acordo com a periodicidade pré-estabelecida. Deve ainda registar-se quais os recursos humanos responsáveis por assegurar cada ação de medida, os prazos de execução de cada tarefa e quais as ações a que se seguirá uma nova reavaliação. (Farinha, 2011)

Todo este procedimento incita a melhoria contínua dos processos e dos produtos, a redução de custos através da prevenção de falhas e o aumento da capacidade e qualidade de resposta das empresas e da confiança do mercado na respetiva organização.

### 2.3.2. Análise FMECA

A Análise dos Modos de Falha, dos seus Efeitos e da sua Criticidade (FMECA - *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), tal como a análise FMEA, concentra-se na avaliação dos modos de falha e dos seus efeitos, de acordo com o procedimento descrito anteriormente. Para além de toda a análise FMEA, a análise FMECA inclui uma análise crítica que permite distinguir quais são as falhas que têm maior probabilidade de ocorrer e cuja Severidade dos seus efeitos é maior, obtendo-se assim uma sequenciação de prioridade das ações de medida com base na determinação da relevância das probabilidades de Ocorrência das falhas.

Deste modo, a análise FMECA pretende essencialmente minimizar prioritariamente as falhas que possuem maior probabilidade de Ocorrência e eliminar as falhas que têm grande probabilidade de terem um elevado índice de Severidade.

Em suma, não se determina apenas o valor de CPR (Coeficiente de Prioridade de Risco) como sendo o produto de  $S \times O \times D$ , faz-se ainda uma combinação direta entre a Severidade (S) e a

Ocorrência (O), relacionando-se estes dois indicadores. O resultado desta relação dita a Criticidade (C) dos modos de falha em estudo, obtendo-se a sequência de prioridades de falha com um critério ainda mais concreto e preciso. Isto porque, o cálculo de CPR através do produto de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D) origina o valor que serve de base para obter a sequência de prioridades.

Compreende-se, portanto, que as falhas para as quais se consideram elevados índices de Severidade e que, simultaneamente, estão associadas a elevados índices de Ocorrência, requerem um cuidado redobrado e devem ser certamente as falhas com um mais elevado nível de risco.

A combinação da Severidade (S) com a Ocorrência (O) permite realçar o resultado da relação entre ambos os indicadores, resultado este que se traduz na Criticidade (C) da falha, indicador definido pelo produto de S com O:

$$C = S \times O \quad (5)$$

Através desta relação, pode obter-se um novo indicador C que integra a Severidade e a Ocorrência para a mesma falha num só valor de índice.

Na tabela seguinte – Tabela 4 - pode verificar-se um exemplo de uma matriz de Criticidade (C), utilizando uma escala de 4 níveis para todos os índices.

**Tabela 4 - Exemplo de matriz de Criticidade (C) [Adaptado de (Farinha, 2011)].**

<b>Criticidade (C) = S × O</b>			<b>Ocorrência (O)</b>			
			<b>Remota</b>	<b>Pequena</b>	<b>Moderada</b>	<b>Alta</b>
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Severidade (S)</b>	<b>Reduzida</b>	<b>1</b>	1	2	3	4
	<b>Moderada</b>	<b>2</b>	2	4	6	8
	<b>Elevada</b>	<b>3</b>	3	6	9	12
	<b>Muito elevada</b>	<b>4</b>	4	8	12	16

Verifica-se a obtenção do valor de C como sendo o resultado do produto simples entre S e O, em cada célula da matriz. Ou seja, por exemplo, para uma falha com um índice de Severidade de 2 e à qual se atribui um índice de Ocorrência também de 2, obtém-se uma Criticidade (C) de 4 ( $S \times O = C$ ).

A tabela que se segue – Tabela 5 - exemplifica a matriz de obtenção do valor de CPR.



Tabela 5 - Exemplo de matriz de Coeficiente de Prioridade de Risco (CPR) [Adaptado de (Farinha, 2011)].

			Severidade															
			Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
			1	2	3	4	2	4	6	8	3	6	9	12	4	8	12	16
Ocorrência	Remota	1	1	2	3	4	2	4	6	8	3	6	9	12	4	8	12	16
	Pequena	2	2	4	6	8	4	8	12	16	6	12	18	24	8	16	24	32
	Moderada	3	3	6	9	12	6	12	18	24	9	18	27	36	12	24	36	48
	Alta	4	4	8	12	16	8	16	24	32	12	24	36	48	16	32	48	64
			1				2				3				4			
			Muito grande				Grande				Moderada				Pequena			
			Detecção															

Neste caso, para a avaliação da falha em estudo, podem definir-se os critérios da seguinte forma (Farinha, 2011):

- ( $CPR < 12$ ) → Admissível: A causa que levou à falha é aceitável, não necessitando de um controlo muito apertado.
- ( $12 \leq CPR < 24$ ) → Tolerável: A causa da falha tolera-se com um controlo complementar bem monitorizado.
- ( $24 \leq CPR < 32$ ) → Pouco suportável: O risco da falha é elevado e devem tomar-se medidas imediatas para minimizá-lo, pois a sua causa não deve voltar a ocorrer.
- ( $CPR \geq 32$ ) → Incomportável: A causa da falha deve ser rapidamente eliminada, pois não é uma situação tolerável.

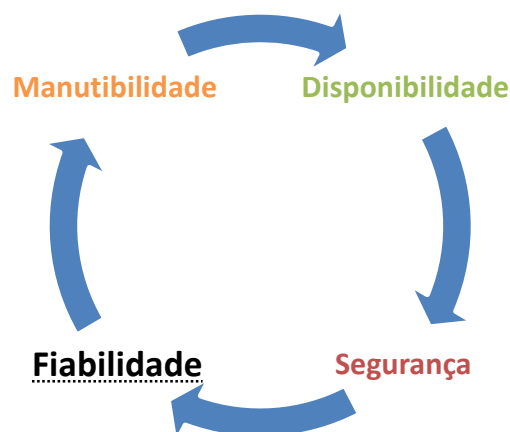
### 2.3.3. Análise RAMS

“RAMS” é um indicador de grande importância. Mais uma forma de pensar para ajudar a gerir todas as tarefas necessárias, esta designação significa “Reliability, Availability, Maintainability, Security”, ou seja, Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança. Uma análise RAMS tem como objetivo concretizar precisamente a fusão destes quatro conceitos, com o intuito de se obter uma combinação ótima entre eles, ajustando as diferentes vertentes.

Compreende-se, desde logo, que a tarefa é complexa, tendo em consideração que se trata de conseguir combinar quatro variáveis iguais e extremamente importantes, e que permitem o

desempenho de funções que, por si só, são individualmente marcantes. O essencial é passar de um objetivo individual para um objetivo comum global dos quatro fatores, de modo a poder atingir-se a minimização dos custos gerais associados a todas as atividades necessárias durante todo o ciclo de vida dos ativos físicos numa dada empresa. Conseguir-lo passa por diversos aspetos que incluem a organização e gestão bem monitorizada de todas as tarefas que se fundem justamente com a Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança dos ativos físicos.

Nesta análise, o estudo do desempenho dos equipamentos é realizado, destacando-se pela avaliação de cada uma das quatro vertentes em causa, que podem ainda ser classificadas através de índices que caracterizem a sua contribuição em relação a cada equipamento. Para tal, é importante perceber que a Disponibilidade e a Segurança dos equipamentos dependem diretamente da Fiabilidade e Manutibilidade que se adquire e, para analisar a Fiabilidade e a Manutibilidade, o cálculo, respetivamente, do Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e do Tempo Médio De Reparação (MTTR) também ajuda nesta avaliação. Por outro lado, deve compreender-se com o que é que se relaciona mais especificamente cada um dos quatro conceitos, tendo noção que, para um determinado ativo físico, a Fiabilidade depende conjuntamente da disponibilidade, segurança, qualidade das tarefas de manutenção realizadas e do custo do seu ciclo de vida (LCC – *Life Cycle Cost*); a Disponibilidade é o resultado do correto desempenho do equipamento como estava previsto e também do LCC; a Manutibilidade advém da disponibilidade, do LCC e dos custos das intervenções; e a Segurança é concretizada pela proteção dos utilizadores do equipamento a operar e pela proteção do ambiente envolvente. Desta forma, é perceptível a interligação entre todas as variáveis, que acabam por ter uma relação de interdependência quase cíclica (Figura 4).



**Figura 4 - Dependência cíclica entre as quatro variáveis como base de uma análise RAMS.**

Todas as variáveis acabam por estar interligadas entre si (este pensamento deve estar sempre na base de uma análise RAMS), sendo que o objetivo é fortalecer esta ideia de que umas só são mais possíveis se existirem as outras, pois esta noção de trabalho conjunto irá proporcionar um melhor desempenho das tarefas e, consequentemente, a melhoria no desempenho dos ativos físicos.

É toda a análise desencadeada por estes aspetos que irá estabelecer quais as ações mais adequadas para conseguir otimizar as quatro vertentes em conjunto e o rendimento e eficácia do seu desempenho, e que constitui uma análise RAMS.

#### **2.3.4. *Lean Manufacturing, Just In Time (JIT)* e outros conceitos de origem japonesa**

Noutra perspetiva, e muito importante para qualquer organização é a gestão “Lean”: pensamento de gestão que não se restringe apenas à Gestão da Manutenção, abrangendo todos os setores numa qualquer empresa.

O conceito de *Lean Manufacturing* teve origem no Japão após a Segunda Guerra Mundial, surgindo do sistema de produção desenvolvido pela Toyota. Esta nova política de gestão foca-se na *redução de desperdícios* em relação a um nível de produção excessivo, a tempos de espera demasiado grandes (incumprimento de prazos com atrasos na realização de determinadas tarefas e/ou na entrega de encomendas) e consequentes custos de transporte acrescidos, para além de custos de *stocks* dispensáveis, e mais movimentações necessárias em armazenagem e transporte devido a um maior volume de produção. O objetivo é minimizar tudo isto, para que o desperdício seja o menor possível. Para alcançar esta meta, agregado a este conceito, surge também o *Just In Time (JIT)*, que é um sistema de planeamento e programação da produção, e que tem como intuito o cumprimento de tempos e prazos e a entrega do produto na quantidade exata, na qualidade exata, no momento exato e no local exato.

Partindo das previsões da procura de um determinado item, o método JIT tem em conta a estrutura de materiais e a estimativa do tempo de produção necessário e, com isto, determina quais devem ser as quantidades e os tempos de produção dos componentes a produzir, o que permite minimizar o custo das existências.

A médio e longo prazo, permite conhecer qual é a capacidade requerida em cada posto de trabalho para cada período de tempo, e pode decidir-se qual a quantidade de carga a processar em cada posto, com base na data de entrega de cada trabalho e analisando-se a relação entre a carga necessária a processar e a capacidade, por cada posto de trabalho. Por outro lado, possibilita uma programação mais pormenorizada, com a sincronização realizada pelos trabalhadores em tempo real, uma vez que puxa de uma forma sincronizada as necessidades de produção dos componentes intermédios à medida que vai sendo necessário, controlando o fluxo de trabalhos em curso e medindo o volume de produção.

Associado a todo este procedimento, deve existir um sistema informático de planeamento da produção como suporte para auxiliar as diversas etapas da produção.

De notar que, ao aplicar o JIT, deve sempre considerar-se a sequência pela qual os materiais são processados, pois o esquecimento deste aspeto pode levar a erros e quebras no processo caso esta consideração não aconteça. Assim, é de extrema importância ter em conta a sequência dos produtos na sua cadeia de abastecimento.

Outra questão que se coloca é o facto de, por vezes, este método poder ser pouco flexível quando se verificam mudanças. Isto é, adotando a estratégia *Just In Time*, a empresa irá pedir matéria-

prima e produzir apenas quando é necessário, e apenas o que é necessário (em quantidade), o que também pode inibi-la de ter uma grande flexibilidade<sup>1</sup>, principalmente quando se opta pela produção em grande escala. Neste caso, para aumentar a flexibilidade, é muito importante o *software* utilizado nos processos e que está na base da programação, que permite hoje em dia criar mais automatização também para produção em menor escala.

O ideal será sempre uma fusão de equilíbrio entre o JIT e a capacidade de manter uma determinada flexibilidade ponderada, com o auxílio de um bom *software* de gestão do produto e do processo, que inclua uma boa programação do planeamento das tarefas em função das necessidades em tempo real.

### 2.3.5. Gestão Visual da Produção - Kanban

Depois de se estabelecer como objetivo geral a minimização dos desperdícios, de modo a reforçar e melhorar a aplicação do JIT, surge o conceito de Gestão Visual da Produção. Trata-se de um sistema de controlo da produção designado por Kanban, normalmente aplicado na implementação do JIT, uma vez que, da mesma forma, puxa as necessidades de produção à medida que vai sendo necessário.

O Kanban é, na realidade, um cartão que contém a informação que é estritamente necessária para o fabrico do componente em causa (quantidades produzidas e outras especificações que lhe estão associadas). Normalmente, este cartão encontra-se sempre associado a um contentor que transporta o componente a processar, e tem como funções:

- dar início, a qualquer momento, ao processamento dos componentes;
- fornecer informação sobre o estado atual de processamento dos componentes;
- limitar o volume de *stocks*, evitar a sobreutilização de mão-de-obra e reduzir o número de guias de controlo que não têm posterior utilização.

Os cartões utilizados possuem cores como o verde, o amarelo e o vermelho, consoante a prioridade das tarefas do produto em causa, ou outras cores, para distinguir qual é o tipo de produto e de sequência, ou para identificar qual é o tipo de tarefas que devem ser realizadas.

A figura seguinte (Figura 5) demonstra um exemplo de aplicação da gestão Kanban relativamente à Produção, onde é principalmente utilizado.

---

<sup>1</sup> Flexibilidade – capacidade de uma empresa responder a alterações tecnológicas e a mudanças de pedidos por parte dos clientes, em tempo e variedade; quanto mais recursos a empresa tiver, mais flexível pode ser.



Figura 5 - Aplicação do Kanban na Produção [Adaptado de (Silva, 2016), (Gonçalves, 2018), (Sago, 2015) e (Roberto Monteiro)].

No decorrer da Produção, a conversão de matéria-prima em produto acabado é caracterizada continuamente, de tal forma que o tempo de espera seja igual ao tempo de processamento, para que nunca existam filas de espera do material a produzir nem formação de *stocks*.

Para além da sua grande utilidade na Produção, o Kanban pode ser utilizado em qualquer setor da empresa, podendo e devendo haver um controlo conjunto dos vários setores. A Figura 6 refere-se à aplicação do Kanban no controlo do *stock* de um determinado tipo de ativos físicos.

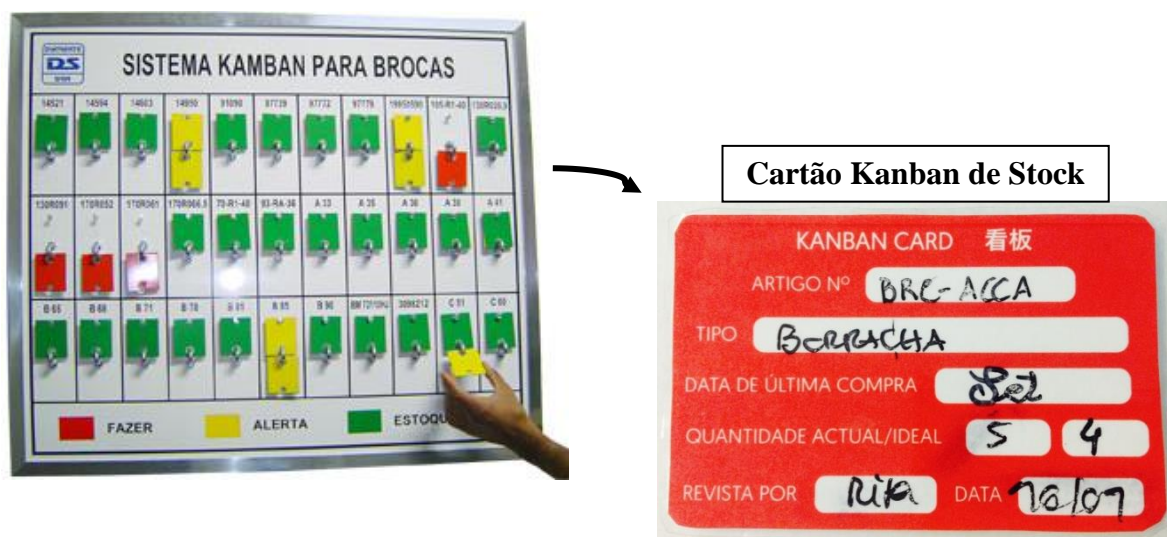


Figura 6 - Aplicação do Kanban na gestão de stocks [Adaptado de (Silva, 2016) e (Accarpio, 2016)].

Naturalmente, o Kanban pode estar a ser aplicado de diversas formas, e interligando e controlando diferentes tarefas simultaneamente, como no caso do controlo da quantidade produzida de um produto específico em conjunto com a variação resultante do *stock* do respetivo item.

Por outro lado, pode existir apenas o controlo das existências de ferramentas, por exemplo, que não são produzidas pela empresa em questão, já sendo um controlo relativo a compras e fornecedores externos, e à própria gestão do armazém de peças-de-reserva da fábrica.

De qualquer forma, a sua aplicação deverá ser um trabalho conjunto, de comunicação constante e atualizada entre todos os departamentos, sendo um processo de controlo contínuo.

Os cartões servem então como sinalizadores para os utilizadores saberem se uma determinada tarefa já está concluída ou se ainda falta muita matéria-prima para a necessidade de produção atual, por exemplo.

O modo de circulação do cartão e a sua visibilidade é que vão permitir fazer o controlo da produção, permitindo assim uma *gestão visual da produção*.

### 2.3.6. Outros métodos e técnicas

Existem muitas outras metodologias que ajudam na gestão de uma organização.

O conceito de *Kaizen* é também muito importante, tendo em consideração o seu significado, do japonês: “KAI” traduz-se em “mudança” e “ZEN” significa “boa” ou “melhor”, e indica a ideia de “mudar para melhor”, incitando assim o seu objetivo fundamental de fazer permanecer a *melhoria contínua*. Este método foca-se na melhoria através dos recursos existentes, fazendo o melhor uso deles, sem que seja obrigatório inovar no sentido de adquirir novos recursos. Passa também pela utilização do conceito cíclico de PDCA (“*Plan, Do, Check, Act*”) para a tentativa de resolução de um problema, isto é, *Planear, Fazer, Verificar e Agir*.

Devem referir-se também as *Árvores de Falhas*, que são talvez uma das ferramentas de maior potencial para identificar a origem de falhas, avarias ou defeitos específicos nos equipamentos ou mesmo em sistemas mais complexos. Uma *Árvore de Falhas* ajuda a “descodificar” a origem de um determinado problema, ilustrado através de uma representação gráfica, a qual resulta de uma dedução lógica que parte da ocorrência indesejada até à identificação da sua origem, com base em informação detalhada.

A Análise por *Árvore de Falhas* (ou *FTA - Failure Tree Analysis*) permite ter uma melhor perceção das características dos objetos em estudo e aumentar o conhecimento e a sensibilidade para a identificação das possíveis origens de um dado problema, tratando-se de um método dedutivo que permite efetivamente analisar a fiabilidade e segurança de um equipamento ou sistema.

Para além destes, podem ainda referir-se métodos mais específicos como a *Lógica Difusa (Fuzzy Logic)*, dentro do diagnóstico de avarias (redes de falhas), para modelar, explicar e otimizar a proximidade entre as decisões humanas e as decisões maquiadas, através da conversão de informações vagas para um formato numérico, computacional e facilmente manipulável; as *Cadeias de Markov*, utilizadas como um processo estocástico com base em modelos estocásticos, para ajudar à tomada de decisões; as *Redes de Petri*, que nos permitem visualizar determinadas relações sobre o comportamento dinâmico de variáveis num dado sistema em estudo, através de esquematizações gráficas; etc.

Todas estas ferramentas são conceitos que devem sempre interligar-se para permitir aumentar a eficácia do seu uso, contribuindo desde a gestão da manutenção à gestão do ciclo de vida dos ativos, estudando o *LCC (Life Cycle Cost)* dentro da gestão do ciclo de vida dos equipamentos, e relacionando tudo isto com as normas de gestão de manutenção, sobre as quais se deve ter conhecimento e guiar, para melhor servir a empresa.

Os recursos de gestão são infindáveis, e a busca por se conseguir uma gestão cada vez melhor é permanente, para que se atinja maior rapidez nos processos e preços cada vez mais competitivos sem que se diminua a qualidade dos produtos.

#### **2.4. Aplicação e organização das ferramentas de gestão utilizadas em função da manutenção dos recursos materiais e humanos da empresa**

Estas ferramentas de gestão são fundamentais para se aumentar a eficiência dos processos através da evolução dos equipamentos e, para tal, é necessário fazer Manutenção dentro da Empresa.

E a Manutenção é isso mesmo: manter e preservar os equipamentos que dão a produtividade e, consequentemente, o lucro à fábrica.

Mas, o problema maior não está na manutenção em si. Está sim na gestão de todo este processo, que é um trabalho de extrema dificuldade e que exige o conhecimento do maior número possível de fatores que influenciam esta atividade.

Os métodos de aplicação dos procedimentos existentes para melhorar a manutenção que é realizada são vários; o problema é conseguir geri-los, de forma a atingir uma melhoria contínua do estado da Gestão da Manutenção que permita alcançar os objetivos traçados em relação a esta gestão. Verifica-se, muitas vezes, que os objetivos ao nível dos procedimentos de manutenção são atingidos, mas a boa gestão dessa manutenção é muito difícil de se conseguir.

Desde logo, independentemente da quantidade total de recursos disponíveis, uma das grandes dificuldades recai sobre os recursos humanos da empresa. Uma organização pode até ter os melhores planos de manutenção pré-estabelecidos e os métodos mais adequados à sua atividade, mas se não existir uma aplicação correta dessas ferramentas por parte do pessoal, nada acontece e os problemas persistem. Por isso, a formação dos recursos humanos para o desempenho de determinada tarefa deve ser feita e, com frequência, ou seja, periodicamente. Não basta dar formação uma vez, os trabalhadores devem ser continuamente formados (e lembrados), para garantir que as ações sejam cumpridas. Deve explicar-se a importância da tarefa para que estes a percebam e encontrem um fundamento para a cumprirem corretamente.

Depois, existe o fator “sazonalidade”: devido ao sector da Produção, pode haver períodos em que as necessidades da atividade de Manutenção crescem exponencialmente. A subcontratação deve ser uma opção a considerar, em alturas de sobrecarga de trabalhos de manutenção que são exigidos, como alternativa importante e, por vezes, rentável, ao invés de ter de se aumentar consideravelmente o número de técnicos internos para se conseguir responder nestas alturas, o que se traduz num grande aumento de encargos salariais para a empresa. É importante referir que é objetivo principal da subcontratação a redução de custos, pois deve permitir um aumento da flexibilidade na gestão dos recursos humanos.

Por fim, deve avaliar-se a relação entre o custo, a qualidade e a flexibilidade que a Empresa consegue fornecer, como ponderação das prioridades competitivas mais diretamente relacionadas com a maior ou menor possibilidade de utilizar uma produção JIT.

#### **2.4.1. Binómio entre o Custo e a Flexibilidade**

Em termos gerais, tem-se vindo a manter a continuidade e automatização nos processos com a consequente diminuição da flexibilidade e, mais recentemente, tem-se conseguido a continuidade mantendo a flexibilidade, uma vez que já existem mais hipóteses de manter a automatização de processos em menor escala. Sabe-se que uma produção contínua em grande escala permite conseguir um menor custo unitário dos produtos, com automatização nos processos. Por outro lado, interessa aumentar a flexibilidade, e hoje em dia é possível fazê-lo produzindo em menor escala com automatização também. Não esquecendo que a flexibilidade é a capacidade de responder em tempo e variedade, e conseguir automatização em pequena escala permite produzir mais variedade de produtos sem que haja um aumento de custos de produção e dos custos unitários resultantes.

Por outro lado, o tempo total de ciclo de cada produto depende do facto de ser um produto por encomenda ou um produto com um primeiro destino para armazenagem. Um produto por encomenda abrange o seu tempo de produção e o tempo de entrega ao cliente, ao passo que



outro produto tem associado o tempo de produção, o tempo de entrega (transportes), e ainda o tempo de armazenagem até ser entregue, sendo a armazenagem mais um custo acrescido cujo tempo deve ser controlado, para que o produto não se torne obsoleto.

#### **2.4.2. Binómio entre o Custo e a Qualidade**

Há uns anos atrás, quando a procura era superior à oferta, as empresas focavam-se apenas na redução dos custos, não considerando a qualidade como prioridade competitiva. Nos últimos anos, a oferta tornou-se superior à procura, e passou a ser importante considerar a qualidade como prioridade competitiva. Sendo a qualidade uma importante variável de estudo nas empresas, interessa perceber qual o valor que o produto tem para o cliente, entendendo-se como valor a importância que o produto tem para o cliente, de acordo com as suas expectativas. Neste caso, se uma empresa conseguir fornecer um produto com um valor considerável para o cliente e com uma boa relação de custo, estará em vantagem perante empresas concorrentes. É então necessário conseguir-se uma boa qualidade a um custo razoável, sabendo que é difícil conseguir-se um equilíbrio entre as duas vertentes, já que uma boa qualidade carece, normalmente, de um maior custo e vice-versa. Deve-se assim avaliar os vários clientes, conseguindo melhores custos para os mais sensíveis ao custo e uma melhor qualidade para os que exigem produtos com mais valor.

#### **2.5. Estado da arte**

O conceito de Manutenção tem vindo a alterar-se relativamente à forma como é encarada esta área de atuação dentro de uma empresa. Há poucas décadas atrás, a manutenção era uma atividade comum no seio de todas as outras dentro de uma fábrica, e era considerada uma tarefa secundária, à qual não se dava grande importância, sendo encarada como “um mal necessário” (Miguel, 2013). Inicialmente, fazia-se essencialmente manutenção corretiva, corrigindo avarias que eram imprevistas ou, pelo menos, não se estudava a previsão da sua ocorrência.

Nas últimas décadas, com o nível de desenvolvimento a aumentar, juntamente com o grau de complexidade dos equipamentos e da produção industrial, e com o crescimento da procura por parte do mercado, foi sendo necessário fazer não só manutenção corretiva, mas também preventiva, com o intuito de prevenir as avarias e a paragem das máquinas. Com isto, a atividade de manutenção foi sendo mais rentável, dando menos prejuízos com o aumento da produtividade e a diminuição de tempos de espera, e foi-se tentando aprimorar a prevenção, estudando e retardando a degradação das máquinas, com um olhar mais aprofundado sobre as condições dos equipamentos, até à verificação do estado dos seus componentes. (CentralGest, 2018)

Foi-se então percebendo a sua real influência, o pensamento inverteu-se e começou-se a encarar a manutenção como uma das tarefas mais importantes para se conseguir melhorar os resultados e reduzir custos, através do aumento da eficiência e produtividade das máquinas.

Hoje, apesar de ainda não se abranger a todas as organizações, compreende-se melhor que, afinal a manutenção é uma tarefa-chave para o sucesso da atividade de uma empresa, já que só existe produtividade se existir a disponibilidade dos equipamentos.

### 2.5.1. WCM (World Class Manufacturing)

Os japoneses são grandes responsáveis pelo surgimento da maioria dos conceitos de gestão utilizados atualmente, nomeadamente, no que se refere à poderosa gestão “Lean”, de grande força e potencial para se poder atingir a melhoria contínua de uma organização.

O conceito de *Lean Manufacturing* teve origem no Japão, surgindo do sistema de produção desenvolvido pela Toyota que, até às décadas de 50 e 60, foi desenvolvido com a introdução das primeiras técnicas (como o JIT e o surgimento do Kanban). Posteriormente, as empresas de cariz industrial deram uma reviravolta e, de certa forma, a falta de recursos após a Segunda Guerra Mundial, levou ao desenvolvimento de novas ferramentas para fazer evoluir os sistemas de produção e, para além do JIT, surgem outras ferramentas de origem japonesa, como os 5S<sup>2</sup>, os 6 Sigma<sup>3</sup>, o Kaizen, o TPM, Poka Yoke<sup>4</sup>, Kanban, PDCA, etc. (Figura 7).

---

<sup>2</sup> 5S – método geral focado na organização do posto de trabalho, procurando alocar e identificar corretamente os recursos materiais necessários e eliminar os desnecessários; os 5S’s traduzem-se nas designações japonesas: “Seiri” – *Separar* o útil do inútil; “Seiton” – *Ordenar/Organizar* cada coisa no seu devido lugar, organizando o espaço de trabalho de forma eficaz; “Seiso” – *Limpar* e cuidar do espaço de trabalho, inspecionando o nível de limpeza; “Seiketsu” – *Padronizar*, induzindo o sentido de regras standardizadas; “Shitsuke” – *Manter e melhorar* a organização com a autodisciplina dos colaboradores, sendo este último aspeto o mais difícil de fazer.

<sup>3</sup> 6 Sigma (6 $\sigma$ ) – método de gestão que utiliza modelos estatísticos para prever e melhorar continuamente o funcionamento dos processos numa dada organização; o símbolo “sigma” representa a análise estatística do desvio-padrão através do estudo de uma distribuição normal de probabilidades, considerando para um valor a determinar uma variação possível até seis vezes o desvio da amostra (6 $\sigma$ ), ao contrário do estudo comum que considera a possibilidade de variar até três vezes o desvio da amostra (3 $\sigma$ ).

<sup>4</sup> Poka Yoke – atendendo ao seu significado, “Poka” representa “Erro” e “Yoke” significa “Prevenir”; traduz-se num dispositivo de controlo de qualidade de um processo ou de um produto, que permite detetar erros, destinando-se a evitar a ocorrência de defeitos em processos produtivos; pode funcionar, por exemplo, como sinalizador e alertar o operador quando deteta um defeito, impedindo que este siga para a frente na linha de produção.

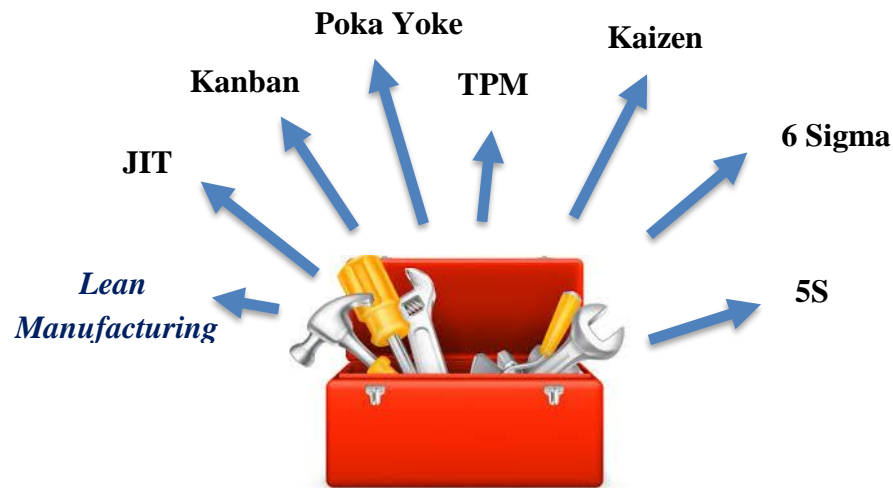


Figura 7 - Ferramentas de Gestão.

O conceito de WCM agrega todas estas ferramentas de gestão, e teve origem nos estudos do Sr. Richard J. Schonberger, que analisou a abordagem peculiar de alguns fabricantes japoneses, publicando o livro “*Japanese Manufacturing Techniques*” e, mais tarde, o livro “*World Class Manufacturing*”, publicado em 1986. Escreveu um dos grandes marcos que atualmente serve de base a uma grande parte das empresas industriais. O livro WCM foi construído com base no Sistema de Produção Toyota (TPS - *Toyota Production System*) e permitiu um melhor entendimento acerca dos conceitos que estão na base da abordagem japonesa, e a sua universalização.

O WCM foi depois desenvolvido pelo Grupo FIAT em 2006, que implementou estas ideias na prática, estudando a sua eficácia.

Desta forma, ainda que a maioria das ferramentas de gestão criadas seja de origem japonesa, o seu desenvolvimento não se restringe ao Japão, pois ao longo do tempo foram sendo investigadas também noutros países, tendo mais do que uma influência meramente japonesa, com a sua emancipação a nível mundial.

Hoje, ainda que seja uma pequena fatia do mundo, Portugal já faz parte deste desenvolvimento, e tenta atualizar-se cada vez mais, com a ajuda das empresas de maior poder competitivo, que têm mais recursos de capital. As empresas estão a implementar estas ferramentas dentro da sua política de gestão ao longo do tempo, em conjunto com o aumento do nível tecnológico dos seus processos, trabalhando para chegar à Indústria 4.0, que indica o potencial de transformação para uma Quarta Revolução Industrial, através do uso de tecnologias base como a AR (Realidade Aumentada), robótica e digitalização 3D.



### 3. A Empresa FUNFRAP

A FUNFRAP, Fundação Portuguesa S.A. (Figura 8) é uma das fábricas pertencentes ao Grupo FCA (*Fiat Chrysler Automobiles*), propriedade maioritária da empresa italiana Teksid (84 %), sendo a restante percentagem de investidores portugueses.



Figura 8 - Fábrica FUNFRAP - Fundação Portuguesa, S.A. [Fonte: (TEKSID, 2015)]

A fábrica Funfrap foi criada pela empresa francesa Renault que, em 1999, se associou ao grupo FIAT (antecessor do Grupo FCA), na altura, o grupo com mais fundições, vindo daí a influência italiana: a Teksid, atuante na área siderúrgica e pertencente ao grupo FIAT, adquiriu a grande maioria da percentagem da Funfrap (Empresas+, 2018).

A construção da fábrica Funfrap foi concluída em 1983, tendo iniciado a sua atividade em 1985.

A fábrica está localizada em Cacia, distrito de Aveiro, sendo um dos seus principais clientes a Renault Cacia, fábrica vizinha, anteriormente conhecida por C.A.C.I.A. (Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel).

#### 3.1. A indústria que desenvolve

Esta fábrica produz essencialmente componentes dos motores de automóveis, acrescentando valor no mercado com a oferta que disponibiliza para sustentar parte da indústria automóvel.

##### 3.1.1. Caracterização do seu Processo de Fabrico

O processo de fabrico da Funfrap consiste essencialmente na fusão de sucata de ferro e aço e posterior fundição e produção de componentes para a indústria automóvel, mais concretamente, componentes dos motores, nomeadamente, cárteres, cambotas, coletores, caixas diferenciais, cárteres-turbinas e turbo-coletores, em ferro lamelar, nodular e *Niresist*.

O primeiro processo é a **Fusão**, onde uma mistura de ferro e aço passa ao estado líquido em conjunto com a adição de outros elementos (aditivos) em fornos de indução elétrica. A matéria-prima utilizada provém essencialmente de sucata e material residual da produção (gitos resultantes da Moldação) que é, assim, reaproveitado. Nesta fase, dependendo do tipo de material que se quer obter (ferro nodular, lamelar ou *Niresist*), a mistura de elementos varia,

essencialmente em quantidade, de modo a obter-se posteriormente os vários produtos com a composição e o aspeto pretendido.

Em paralelo, é preparada a areia para a Macharia, onde se vão produzir os machos para posterior utilização na Moldação. A areia utilizada para a produção dos machos é misturada com resinas e outros aditivos e, depois de preparada, fica armazenada num silo que abastece as máquinas que vão originar os machos. Os machos são o “negativo” da peça que se pretende obter, nomeadamente quando o produto pretendido é oco por dentro e é necessário criar um elemento que defina a estrutura interna da peça, delimitando a zona de espalhamento do material fundido dentro do molde.

Na Moldação são produzidos os moldes de areia que vão permitir obter a peça metálica. Os moldes são produzidos com base num modelo pré-definido da peça que se pretende obter, e têm de ter um canal para vazamento do material fundido e um canal que permita a saída de ar durante o enchimento do molde, de modo a que posteriormente o material fundido preencha toda a zona entre o molde e o macho. Depois de produzido o molde, o macho é colocado no seu interior e sustentado na posição correta através de pontos de fixação pré-definidos. Posteriormente, o molde é fechado e, nesta fase, entra o resultado da Fusão.

Após a Fusão, tem-se o Vazamento, isto é, a mistura líquida é vazada para colheres fundas (de 1,5 ton) e, por sua vez, estas colheres de vazamento são transportadas por empilhadores para encherem as moldações que circulam na linha de moldação. Nesta fase, em cada moldação, o metal fundido preenche toda a zona da cavidade entre o molde e o macho, sendo que o macho define a forma interna da peça e o molde a forma externa, após solidificação do metal. Depois do arrefecimento, segue-se o Abate das Moldações, onde o molde de areia é separado do cacho metálico por vibração em grelhas de abate. Depois de arrefecidos, o macho e o molde, sendo de areia, são desfeitos, e toda a areia que está no interior (macho) e em volta da peça (molde) é removida através da vibração nas grelhas de abate. Por outro lado, os gitos (excesso de material metálico que fica aglomerado ao produto após a solidificação) são separados da peça e reencaminhados ao início do processo para serem reaproveitados voltando a entrar no sector da Fusão. Assim, após a remoção de toda a estrutura em areia e dos gitos metálicos, obtém-se então o produto final resultante da Moldação.

As areias removidas constituintes dos moldes e dos machos são também reaproveitadas, sendo tratadas no sector de Preparação de Areias da Moldação de modo a serem depois reutilizadas, voltando ao ciclo de produção para darem origem a novos moldes e machos. Para tal, no final da linha de moldação, as areias provenientes do abate são regeneradas, com o objetivo de recuperar as suas propriedades, perdidas aquando do vazamento e do contacto da areia com o metal fundido. A regeneração das areias consiste essencialmente na eliminação de partículas de ferro, pré-humidificação e arrefecimento da areia, e ajuste da quantidade de bentonite (que fornece a plasticidade necessária à capacidade de moldação da areia) e pó de carvão (que facilita o escoamento da areia durante o processo, estabiliza a humidade da areia e proporciona a produção de um molde que melhora a superfície do produto obtido).

Seguem-se os Acabamentos e a Maquinação. O sector de Acabamentos tem como objetivo principal preparar as peças resultantes da fundição para a Maquinação, tratando-se de diversas operações que diferem consoante o tipo de peça em causa, nomeadamente, despoeiramento (granalhagem), rebarbagem e pintura.

Procede-se depois à Maquinação das peças provenientes dos Acabamentos. Apenas algumas das peças fabricadas são sujeitas a processos de maquinação. As operações também variam dependendo do tipo de peça, sendo exemplos a maquinação em tornos (torneamento), fresagem, controlo visual, retoques manuais, lavagem/sopragem, controlo dimensional, acondicionamento/embalagem, entre outras.

Por fim, as peças fabricadas são sujeitas a um controlo de qualidade.

Para além dos sectores principais referidos, existem ainda outros sectores base de apoio à produção, nomeadamente, a Oficina de Conservação (onde são reparados todos os conjuntos e subconjuntos de máquinas, por técnicos soldadores, eletricistas, etc.), os Fluidos (instalações que sustentam o fornecimento de energia, água, ar comprimido e outros fluidos), e a Oficina de Modelagem (responsável pelo fabrico e manutenção das placas modelo que vão permitir dimensionar os moldes e os machos) e de ferramentas utilizadas nas máquinas de machos e nas máquinas de moldar) (Ambiente, 2009).

### **3.2. Estrutura *layout* da Funfrap**

Através do *layout* da fábrica, é possível ter uma ideia mais precisa da estrutura física da empresa (Figura 9).

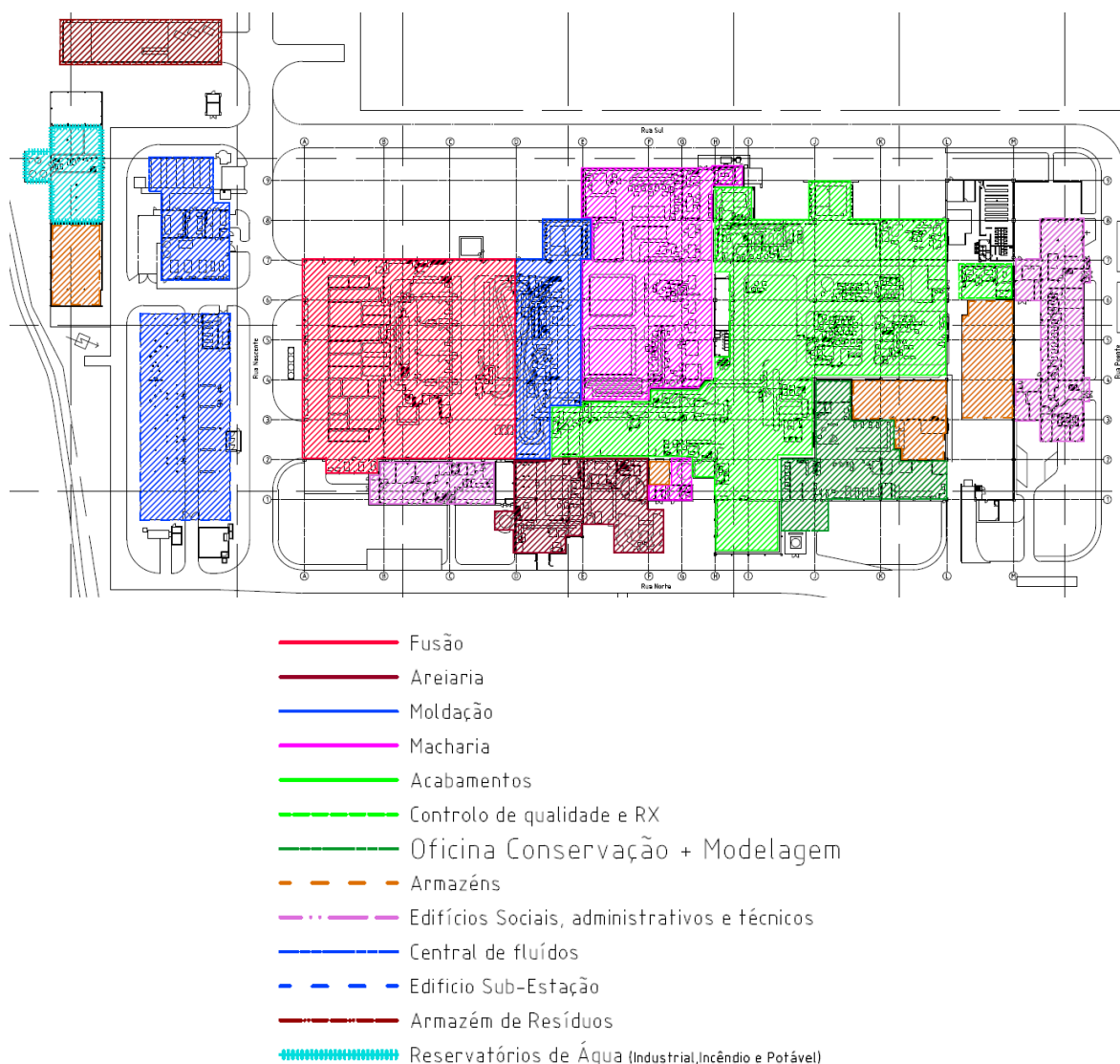


Figura 9 - Layout geral da fábrica Funfrap Aveiro [Fonte: Documentação interna da Funfrap].

Desde logo, o *layout* é um importante fator que deve ser otimizado da melhor forma possível, para que possa também contribuir para a boa gestão de uma organização, uma vez que estabelece a localização física dos recursos de transformação na unidade onde ocorrem os processos de produção, isto é, resume-se a alocar os equipamentos e os próprios operadores.

### 3.3. Política de gestão da empresa

Qualquer organização deve orientar-se por uma determinada política de atuação, que é a base que lhe permite autossustentar-se como empresa independente e regida por métodos próprios de funcionamento.

#### 3.3.1. WCM

A empresa em questão é gerida com base na política de origem japonesa WCM - *World Class Manufacturing*, que define a sua organização numa hierarquia de departamentos (Figura 10).





Figura 10 – WCM: *World Class Manufacturing* [Fonte: (Cardoso, 2017)].

Pode considerar-se o WCM um templo, constituído por 10 pilares técnicos (e também de gestão, já que incluem um suporte de gestão e recursos sustentado pela Administração), que representam os alicerces desse templo, que não é mais do que uma estrutura de gestão que sustenta todo o funcionamento da empresa, e visa a melhoria contínua de todos os pilares ao longo do tempo. Os 10 pilares técnicos constituintes são os seguintes:

- *Safety/Hygiene & Working Environment (SAF)*;
- *Cost Deployment (CD)*;
- *Focused Improvement (FI)*;
- *Autonomous Maintenance & Workplace Organization (AM/WO)*;
- *Professional Maintenance (PM)*;
- *Quality Control (QC)*;
- *Logistics*;
- *Early Product/Equipment Management (EEM)*;
- *People Development (PD)*;
- *Environment/Energy (ENV/ENE)*.

O trabalho realizado no âmbito deste estágio foi desenvolvido dentro do pilar técnico da Manutenção Profissional (*Professional Maintenance - PM*).

Cada um dos pilares anteriores evolui com base em 7 passos (*steps*), que vão sendo atingidos sucessivamente, através dos métodos de gestão que são aplicados. Apesar de cada pilar ter autonomia de gestão, todos eles são dependentes uns dos outros, e trabalham no sentido de manter a partilha de informações e a ligação entre si, com o objetivo de se atingir uma gestão e melhoria contínua cada vez mais eficiente.

Este sistema agrega vários métodos padrão de aplicação de procedimentos, sendo muitos deles comuns aos vários pilares.

### 3.3.2. Pilar PM

Como referido anteriormente, existem vários métodos de aplicação de procedimentos que ajudam a estruturar uma base sólida que sustente todo o funcionamento da fábrica. Relativamente ao Pilar PM, pode referir-se alguns dos procedimentos, ferramentas e mecanismos utilizados na gestão da manutenção, entre eles:

- |                      |                        |                                  |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|
| ✓ Fichas EWO's       | ✓ Fichas SOP's e SMP's | ✓ TWTP/HERCA                     |
| ✓ Etiquetas TAG's    | ✓ Kaizen's             | ✓ Pirâmide Heinrich da Segurança |
| ✓ Análise 5W+1H      | ✓ Método 5G            | ✓ Procedimento LOTO              |
| ✓ Método dos 5 Why's | ✓ Método 4M            | ✓ Dispositivo Poka Yoke          |
| ✓ Método dos 5S      | ✓ Análise S.W.O.T.     | ✓ Mapas de Avarias               |
| ✓ Fichas OPL's       | ✓ Ficha MPinfo         | ✓ <i>Machine Ledge</i>           |

No Anexo A pode consultar-se uma pequena explicação acerca do que trata cada um dos itens anteriormente referidos.

Para além destes procedimentos, os dados e resultados são continuamente avaliados, através de indicadores (KPI's<sup>5</sup> e KAI's<sup>6</sup>), da determinação da razão Benefício/Custo (para concluir se um investimento é viável ou não, ou se os resultados anuais originaram prejuízo), do uso de

---

<sup>5</sup> KPI's (*Key Performance Indicators*) – indicadores-chave de desempenho, que funcionam como medidas quantificáveis que indicam se os objetivos traçados estão a ser atingidos, como o número de avarias ocorridas, a eficiência dos equipamentos (%OEE – *Overall Equipment Effectiveness*), tempo médio de reparação (MTTR) e tempo médio entre avarias (MTBF).

<sup>6</sup> KAI's (*Key Activity Indicators*) – indicadores que expressam quantitativamente o nível das atividades/operações-chave que foram realizadas. Neste caso, são exemplo de indicadores o número de TAG's, EWO's, OPL's e Kaizen's realizadas.

matrizes (Matriz QA<sup>7</sup>, Matriz 3x3x3<sup>8</sup> e Matriz C<sup>9</sup>), e de outros recursos importantes para a análise do desempenho do Pilar PM.

No geral, o pilar PM - *Professional Maintenance* - tenta evoluir essencialmente no sentido de conseguir um tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF) elevado e um tempo médio de reparação (*Mean Time To Repair* - MTTR) o mais baixo possível quando é necessário parar uma máquina para fazer uma intervenção, sendo o objetivo base obter zero avarias. Preocupa-se principalmente em eliminar a degradação acelerada das máquinas e reduzir os custos de manutenção, através de recursos como as EWO's, os Mapas de Avarias e as *Machine Ledger*.

Como os outros pilares, a Manutenção Profissional evolui com base em 7 passos (*steps*) que definem quais os objetivos sucessivos a atingir ao longo de cada um deles. A tabela seguinte – Tabela 6 - indica os 7 passos do pilar PM, permitindo ficar com uma noção da evolução dos procedimentos definidos a realizar.

**Tabela 6 - Os 7 Passos do Pilar PM [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].**

Manutenção Reativa	<b>Passo 0</b>	Atividades preliminares para preparação do passo seguinte
	<b>Passo 1</b>	Eliminação/Prevenção da degradação rápida das máquinas
	<b>Passo 2</b>	Recuperação e inversão da degradação das máquinas; Análise de avarias
	<b>Passo 3</b>	Recuperação e inversão da degradação das máquinas; Definição de padrões de manutenção
Manutenção Preventiva	<b>Passo 4</b>	Aplicação de contramedidas nos pontos fracos e aumento do tempo de vida útil dos componentes
	<b>Passo 5</b>	Criação de sistema de manutenção preventiva periódica (TBM)
Manutenção Pró-ativa	<b>Passo 6</b>	Criação de sistema de manutenção preditiva (CBM)
	<b>Passo 7</b>	Gestão dos custos de manutenção; Mapeamento/planeamento de tarefas; Criação de sistema de manutenção de melhoria

Com a aplicação destes passos previamente estabelecidos no sentido de fazer evoluir sucessivamente o estado da manutenção em cada situação, a principal meta a atingir é uma melhoria contínua sustentada por uma boa gestão da manutenção profissional na fábrica.

<sup>7</sup> Matriz QA – utilizada para prevenir e corrigir problemas ao nível da qualidade do produto, que podem ocorrer no desenvolvimento ou na produção em série.

<sup>8</sup> Matriz 3x3x3 – matriz que demonstra a polivalência e capacidade de poder trabalhar de modo competente em diferentes máquinas ou fases de um processo produtivo, tendo em conta que: cada posto de trabalho é conhecido por pelo menos 3 pessoas; cada pessoa conhece pelo menos 3 postos de trabalho; e todos os postos de trabalho são conhecidos por pelo menos 3 pessoas.

<sup>9</sup> Matriz C – a matriz C sustenta a estrutura de desenvolvimento de custos da empresa (CD - *Cost Deployment*), e permite determinar o valor das perdas relacionando os desperdícios e perdas com a estrutura de custos da fábrica.



## **4. Planeamento e Gestão da Manutenção na empresa Funfrap**

Com o aumento do número de recursos e equipamentos disponíveis, as empresas têm mais dificuldade em fazer a gestão da manutenção de todos os ativos, o que origina perdas de eficiência nas operações e, consequentemente, o aumento dos custos de manutenção.

A Funfrap é uma empresa que demonstra os mesmos problemas. Apesar de já ter procedimentos padrão de manutenção bem estruturados, e que são aplicados também ao nível da manutenção preventiva, ainda tem algumas lacunas na estrutura de codificação dos equipamentos e das peças-de-reserva, na organização de toda a documentação da fábrica, normativa, técnica e de uso corrente, e mesmo na formação do pessoal, para que cumpram os planos pré-estabelecidos. Desta forma, compreende-se a dificuldade em conseguir controlar todos os recursos que são necessários para cada procedimento de manutenção, tendo em conta os recursos existentes desde as ferramentas aos recursos humanos.

Para tentar melhorar os problemas específicos da empresa, procurou fazer-se uma reformulação da estrutura e codificação das máquinas (segundo a sua hierarquia em conjuntos, subconjuntos e componentes), bem como da codificação das peças-de-reserva existentes em armazém, melhorando e colocando na base de dados informática todas as referências dos artigos existentes, quer de componentes de máquinas quer de peças-de-reserva, procurando obter um sistema sustentável através de uma base de dados consistente.

Para tal, teve-se com objetivo principal o planeamento da manutenção com a elaboração dos planos de manutenção e tarefas de organização para melhorar toda a gestão de manutenção da fábrica.

### **4.1. Plano de trabalho**

Começou-se por realizar uma proposta de trabalho, indicando um caminho a seguir para a concretização dos objetivos a alcançar, através de um fluxograma (Figura 11).

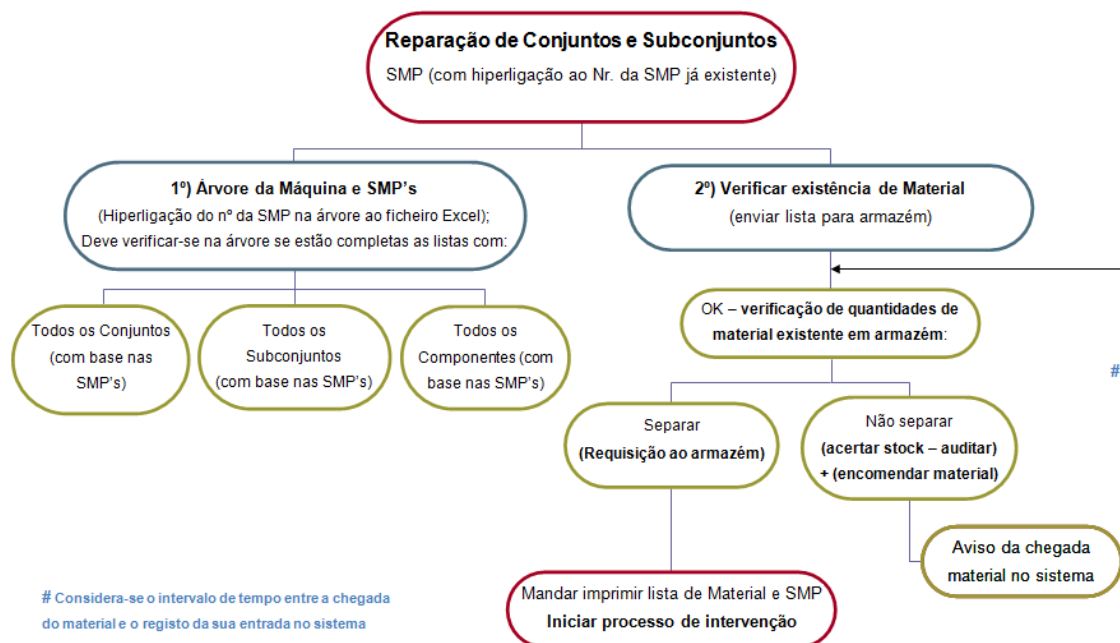


Figura 11 - Fluxograma com proposta de trabalho inicial.

A proposta de trabalho tinha como objetivo contribuir ao nível da gestão da manutenção da fábrica para a Reparação de Conjuntos e Subconjuntos e para a Preparação de Trabalhos de Fim-de-semana, com base num procedimento que sustentasse um bom plano de manutenção.

Concentrando na ilustração anterior, pode referir-se o procedimento a seguir por passos:

- 1) Para a máquina-alvo que integra o conjunto/subconjunto que necessita de uma intervenção, fazer a estrutura correta e completa da Árvore da Máquina, com base nas SMP's<sup>10</sup> existentes. Confirmar a sua constituição, verificando quais são:
  - a. Todos os conjuntos;
  - b. Todos os subconjuntos;
  - c. Todos os componentes.
- 2) Depois de obtida a estrutura completa da Árvore da Máquina, deverá verificar-se a existência do material em armazém em tempo útil, para evitar a situação comum que ocorre quando o material necessário falta ou não está todo disponível no momento da intervenção;
- 3) Fazer requisição ao armazém, separando todo o material necessário aos procedimentos de manutenção a realizar;

<sup>10</sup> SMP (*Standard Maintenance Procedure*) - Procedimento Padrão de Manutenção: conjunto de instruções-padrão que descrevem como efetuar corretamente uma determinada operação de manutenção no respetivo posto de trabalho, com recurso a fotos e esquemas detalhados.

- a. Caso não existam todos os materiais necessários no armazém, solicitar requisição do material aos fornecedores, de acordo com as quantidades existentes em armazém e a quantidade que é necessário encomendar para garantir o *Stock* de Segurança.
  - b. Criar aviso de entrada do material no sistema de gestão aquando da sua chegada à fábrica e confirmar as quantidades encomendadas;
  - c. Preparar as quantidades necessárias de material.
- 4) Imprimir lista de material necessário e SMP correspondente ao procedimento de manutenção a realizar;
- 5) Iniciar processo de intervenção no conjunto ou subconjunto a manter/reparar.

O plano apresentado pretende criar uma linha de seguimento de todo o trabalho e, ao longo dos passos, tentar perceber o que já existe e o que é preciso realmente melhorar, elaborando-se um estudo organizado para apurar e melhorar os problemas específicos ao nível da gestão da manutenção da empresa.

#### 4.2. Estrutura de codificação dos Equipamentos e/ou Peças-de-Reserva

Um dos objetivos do trabalho focava-se no estudo da codificação dos artigos presentes em Armazém, que tinha como intuito melhorar a gestão das tarefas de manutenção, de modo a que não faltassem os recursos necessários no momento da realização de uma intervenção (planeada ou não planeada).

Para tal, começou-se por consultar a estrutura de codificação das Peças-de-Reserva, para a perceção da organização utilizada pela empresa. Foi fornecida a lista da classificação em formato de papel.

Verificou-se que a empresa segue um plano de codificação segundo a codificação MABEC (codificação francesa da Renault), sendo cada código constituído por dez dígitos, onde o primeiro é uma letra e os restantes nove são algarismos (Figura 12).

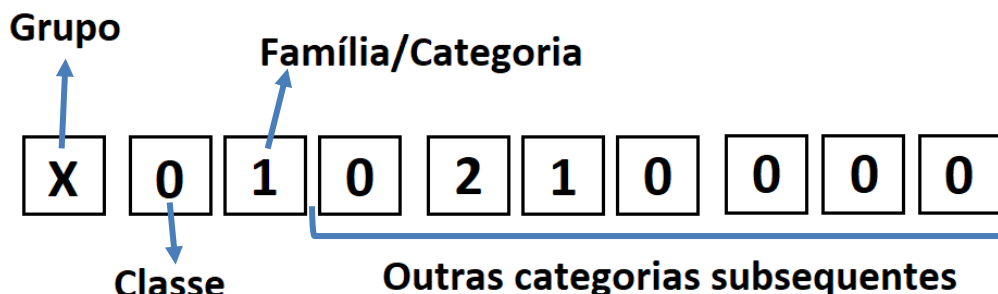


Figura 12 - Exemplificação da estrutura padrão de codificação de artigos.

Existe uma divisão em grupos (letra), classes, famílias, etc., de acordo com a figura anterior.

Após uma breve leitura do documento, verificou-se que a divisão estabelecida atualmente não é a mais explícita, podendo melhorar-se a sua organização.

Por exemplo, no grupo X (Artigos de Comércio e Similares), para o início de código “X25”, o terceiro dígito, “5”, indica “Acessórios para fluídos”, incluindo manómetros, pressostatos, indicadores de nível, etc., não havendo especificação para cada um deles no dígito seguinte.

Isto é, para a organização ser mais útil, uma solução melhor seria simplesmente estabelecer que o “X250” corresponderia a manómetros, o “X251” a pressostatos e o “X252” a indicadores de nível, por exemplo. E, por sua vez, o “X2500” poderia ser manómetros tipo coluna líquida em “U”, o “X2501” manómetros mecânicos, o “X2502” manómetros tipo tubo Bourdon, etc., repetindo-se a mesma lógica para os outros componentes, sempre que aplicável. Assim, da mesma forma, o 5º dígito da classificação de pressostatos (“X251\_”) também poderia variar no intervalo [0 - 9], consoante o tipo de pressostatos em causa.

Posteriormente, consultou-se a lista de Peças-de-Reserva do ficheiro do Armazém existente em Excel.

Observando a lista de códigos de Armazém, verificou-se que grande parte da codificação dos artigos não respeita a Classificação MABEC adotada pela empresa, existindo falta de coerência entre as codificações feitas, como codificações com mais do que uma letra, quando a única letra de cada código deveria ser somente o primeiro dígito, ou codificação com mais de dez dígitos.

Entende-se que, sempre que um artigo chega à fábrica, a sua identidade nem sempre é feita com o rigor necessário, promovendo erros na gestão de todo o percurso do ativo ao longo do seu ciclo de vida dentro da fábrica, o que é um problema de extrema dificuldade de resolução, já que a identidade do artigo deve manter-se sempre a mesma desde a sua entrada na fábrica até à sua saída.

Como tal, deve tentar implementar-se uma reformulação das codificações mais incoerentes, verificar eventuais identidades repetidas e alterar códigos que contenham mais do que dez dígitos (de forma a respeitar a política de codificação adotada), para além de confirmar que não existem artigos iguais com códigos diferentes, garantindo que cada artigo tenha uma identidade única e constante desde a sua entrada na fábrica até à sua saída, ainda que se transforme no processo de fabrico ou venha a ser parte integrante de um novo subconjunto (por sua vez, com um novo código associado).

Por outro lado, qualquer empresa deve gerir-se normalmente por uma base informática onde se inclui toda a informação acerca de cada artigo que possui na fábrica.

Por exemplo, o ficheiro com a lista de artigos do Armazém contém várias colunas com informação importante para a gestão do *stock* das Peças-de-Reserva. Dentro das informações mais importantes, pode destacar-se:



- o *Código de Armazém* do respetivo artigo, ou seja, o código que aponta a identidade do artigo, e que deveria sempre respeitar a mesma coerência de classificação segundo a política de classificação utilizada (neste caso, a Classificação MABEC);
- uma *descrição*, onde é descrita a designação mais relevante para identificar de que artigo se trata; pode indicar outras informações para ajudar à identificação do artigo em causa, como, por exemplo, qual o fornecedor, ou algum órgão de máquina específico onde é utilizado;
- a *localização do artigo em armazém*, nomeadamente, o corredor, a altura e a prateleira onde está guardado (a indicação da localização é definida por letras e algarismos, de acordo com o corredor, prateleira e altura onde estão armazenados);
- as *existências atuais* indicam (ou deveriam indicar) a quantidade real existente em armazém no momento atual (o que nem sempre acontece);
- o *Ponto de Encomenda (PE)*, isto é, a quantidade de *stock* que, quando atingida, deveria emitir uma nova encomenda desse artigo; este valor de *stock* é definido consoante a frequência de utilização do artigo em causa, com base na quantidade que é gasta em média em relação a um determinado período de tempo;
- o *Stock de Segurança (SS)*, isto é, a quantidade mínima de *stock* que deve sustentar a produção; ou seja, atingindo-se este valor, a fábrica passa a estar em risco de não conseguir responder aos prazos de entrega do produto aos vários clientes, já que, sendo a procura variável, se o *stock* atual for o SS, se este não chegar para eventuais necessidades/pedidos imprevistos, a requisição de mais material já não chega à fábrica em tempo útil; (por isso é que a emissão de nova encomenda deve fazer-se quando se atinge o PE, para garantir que existe sempre uma diferença de *stock* pré-definida (diferença entre PE e SS) que seja capaz de responder em tempo útil enquanto não chega à fábrica este último pedido de material);
- o *Custo Médio do Produto*, que se traduz no custo de aquisição de cada unidade do artigo a que se refere, incluindo normalmente, o custo do produto em si (aquisição) e o transporte do mesmo até chegar à fábrica, tratando-se de um preço médio unitário.

Ao analisar a questão da gestão de Peças-de-Reserva do Armazém, desde logo, faz-se o levantamento de dois problemas principais diferentes, e que impedem uma boa gestão relativamente a esta zona da fábrica e a tudo o que lhe está inevitavelmente relacionado.

Por um lado, partindo do princípio que os registos da entrada e saída do material do Armazém eram sempre dados corretamente atualizados no sistema (o que também por vezes não acontece), atingindo-se o PE, o ideal seria criar uma emissão/requisição automática que geraria uma nova encomenda via *e-mail*. Isto foi uma ideia de melhoria que já teria sido pensada pelo pilar PM, mas que ainda não tinha sido implementada. Mais concretamente, a ideia de uma requisição automática via *e-mail* sempre que no sistema se atingisse o PE, iria ser feita, não

para todos os artigos, mas para alguns dos mais correntes e de um custo relativamente menor, e este processo funcionaria com alguns dos fornecedores mais frequentes e habituais e, de alguma forma, seria quase certo que isto fosse melhorar bastante todo o processo, pois iria pelo menos evitar a falta de alguns recursos atempadamente, reduzindo custos.

Naturalmente, seja muito ou pouco rigorosa, esta gestão das movimentações dos artigos é dificilmente 100% fidedigna em qualquer fábrica. Assim, pensando só no Armazém, sabe-se que por vezes há um ou outro artigo que entra/sai do Armazém sem que essa entrada/saída seja registada no momento adequado, e isto contribui para que as quantidades em sistema se alterem comparativamente com o que existe realmente em Armazém. O que acontece, por vezes, é que estas falhas de registo são muito mais frequentes do que era espectável e, no limite, podem mesmo gerar grandes lapsos quando a consulta de informação se restringe apenas ao que nos dá o sistema e, quando os recursos são necessários, fisicamente, afinal não existem na quantidade necessária no momento. Por esta razão, acontece algumas vezes ser necessário um determinado artigo e, no sistema, o campo das “Existências Actuais” indicar a existência de, por exemplo, dez unidades e, depois, ir ao respetivo local em armazém e existir só cinco unidades desse mesmo artigo.

Por outro lado, é facilmente detetado outro problema na Funfrap que interfere com o Armazém. Através de algumas “requisições teste” para determinadas intervenções, foi possível identificar um outro problema que também é frequente em muitas fábricas.

No decorrer do processo de preparação de uma determinada intervenção, obedecendo ao plano inicial realizado, o procedimento consistia em imprimir a SMP, ir ao armazém, e verificar a existência das quantidades necessárias à realização da respetiva intervenção, relativamente a todos os artigos presentes na lista de Peças-de-Reserva da respetiva SMP.

Considerando um determinado artigo, detetou-se esporadicamente o facto de o sistema informático indicar, por exemplo, a existência de dez unidades e, fisicamente, existirem realmente dez unidades, mas das quais quase nenhuma estaria funcional e apta a ser utilizada.

De facto, comparando com o que foi referido anteriormente, acontece por vezes o sistema indicar a existência de X unidades e, fisicamente, existirem em muito menos quantidade, mas, pior é existir realmente a quantidade indicada em sistema, mas praticamente todas as unidades estarem já obsoletas. Esta situação torna-se grave, no sentido que alguns dos artigos presentes em armazém haviam sido recebidos na fábrica ainda há relativamente pouco tempo e, durante o período de armazenagem tornam-se inutilizáveis devido às más condições de armazenagem. Isto traduz-se num custo ainda maior quando alguns artigos se tornam disfuncionais ainda antes de terem sido alguma vez utilizados, passando a ser obsoletos num curto espaço de tempo e, o facto de isto acontecer com uma grande diversidade de artigos e com alguma frequência acresce ainda mais este custo.

Neste caso, as más condições de armazenagem advêm do facto do armazém não estar bem isolado dos vários sectores de produção da fábrica, nomeadamente, das areias utilizadas ao longo do processo de fabrico nos vários sectores. Estas areias estão constantemente presentes

em toda fábrica, mais intensamente numas zonas do que noutras, mas fazem inevitavelmente parte da atmosfera interior da fábrica, o que seria outro ponto a melhorar. Mas, naturalmente, não havendo o isolamento adequado do armazém, esta areia acaba por contaminar alguns dos artigos, oxidando algumas peças e acabando por danificar e tornar algo que era novo em material obsoleto.

Isto acontece frequentemente com rolamentos ou outros componentes constituintes de chumaceiras<sup>11</sup>, por exemplo, artigos estes de materiais metálicos que não ficam armazenados com nenhum tipo de plástico ou outro modo de proteção, e que são artigos que sustentam uma parte significativa de subconjuntos de várias máquinas (as chumaceiras são exemplos de subconjuntos que existem em muitos conjuntos de órgãos de máquinas da fábrica).

Além dos pontos referidos, fez-se o levantamento de outros problemas, nomeadamente:

- existência de artigos pelo chão que claramente não têm localização específica;
- alguns códigos de artigos já definitivamente definidos como obsoletos por já não serem utilizados não estão em zonas separadas dos restantes artigos;
- não existe uma organização do *layout* de acordo com a frequência de utilização de cada artigo, de forma a encontrar mais rapidamente artigos de uso mais corrente e arrumar estes mais perto da porta, etc.

Todas estas lacunas poderiam deixar de existir, organizando de acordo com uma gestão *Lean*, para reduzir tempos de espera demasiado grandes (atrasos na realização de determinadas tarefas) e consequentes custos de transporte acrescidos, para além de custos de *stock* dispensáveis, e mais movimentações necessárias em armazenagem, etc.

Claro que, é perceptível que a mudança de pequenas coisas já resultaria numa grande melhoria de resultados e, compreende-se que grande parte da gestão se baseia apenas numa questão de organização das formas de atuar, ou seja, ainda que as tarefas se mantivessem as mesmas, se simplesmente algumas ações passassem a ser realizadas de forma mais correta e responsável, isto poderia fazer com que muitos dos problemas nem chegassem a ser efetivamente problemas.

De qualquer forma, o auxílio que este trabalho iria prestar à fábrica ter-se-ia definido desde o início com o objetivo de se ter como base um novo programa informático que estaria a ser preparado para que a maioria do trabalho fizesse a ponte entre as ações físicas e o sistema de gestão informático da fábrica, e que iria permitir também inserir algumas das potenciais ações de melhoria no sistema informaticamente, o que, infelizmente, até ao fim do período de estágio, não chegou a ser possível concretizar, pois não se chegou a ter acesso a este programa em tempo útil.

Apesar de não ter sido implementado informaticamente, entre outras coisas, nesta parte da estrutura de codificação dos equipamentos e Peças-de-Reserva, passou-se a lista de

---

<sup>11</sup> Chumaceira – também designada por “mancal”, são elementos de ferro fundido ou aço, normalmente, bipartidos, utilizados como estruturas base constituintes de máquinas, que servem para apoiar e fixar veios rotativos; estes elementos encerram um casquilho, através do qual gira o respetivo veio ou eixo, reduzindo o seu atrito.

Classificação MABEC existente para Excel, transcrevendo os dados de uma forma repetitiva de coluna para coluna, que fosse posteriormente compatível com a construção do programa.

Com isto, o objetivo seria facilitar o trabalho posterior do técnico informático pois, desta forma, ele poderia “transformar” a disposição desses dados mais facilmente numa linguagem de programação.

#### 4.3. Classificação ABC

A Classificação ABC pode ser aplicada em várias coisas, mas é um método comumente utilizado para gerir os *stocks* numa dada empresa. Permite perceber a importância relativa de todos os artigos entre si, classificando-os consoante essa mesma importância.

Este método é também conhecido por Princípio de Pareto, em homenagem aos pensamentos de Vilfredo Pareto que, no século XIX, concluiu que cerca de 80% da riqueza em Itália estava nas mãos de 20% da população. Mais tarde, estas reflexões e conceções foram consolidadas por Joseph Moses Juran, um dos grandes mestres na área da gestão da qualidade, que expandiu a ideia principal dos estudos de Pareto para outros contextos, acabando por se adotar o nome de Pareto a este princípio, em sua homenagem, (Bezerra, 2017). Entende-se que este pensamento é proporcional a outras situações e este princípio começou também a ser conhecido por Regra 80-20, e aplica-se da mesma forma à gestão industrial, com base na ideia de que cerca de 80 % dos problemas são causados por 20% dos fatores, uma vez que é normalmente isto que se verifica.

O mesmo se aplica à gestão de *stocks*.

De acordo com a Análise de Pareto, a Classificação ABC compreende que, em qualquer empresa industrial, de todo o *stock* existente, existe sempre uma pequena quantidade de *stock* que corresponde a uma grande parte do material que é consumido pela fábrica, e uma quantidade de *stock* maior que corresponde a uma parte de pequeno consumo. É o mesmo que dizer que aproximadamente 20 % do *stock* corresponde a 80 % do consumo total da fábrica e que os restantes 80 % de *stock* correspondem apenas a 20 % de todo o consumo. Isto é facilmente perceptível, já que à medida que o *stock* vai sendo consumido, baixa em quantidade e tem de ser reposto à mesma velocidade, para que não falte. Assim, é normal que o *stock* de maior consumo exista sempre em menos quantidade relativamente ao restante, e vice-versa. Com base neste raciocínio, pode aplicar-se a Classificação ABC de várias formas. A classificação mais comum está ilustrada na figura seguinte (Figura 13).

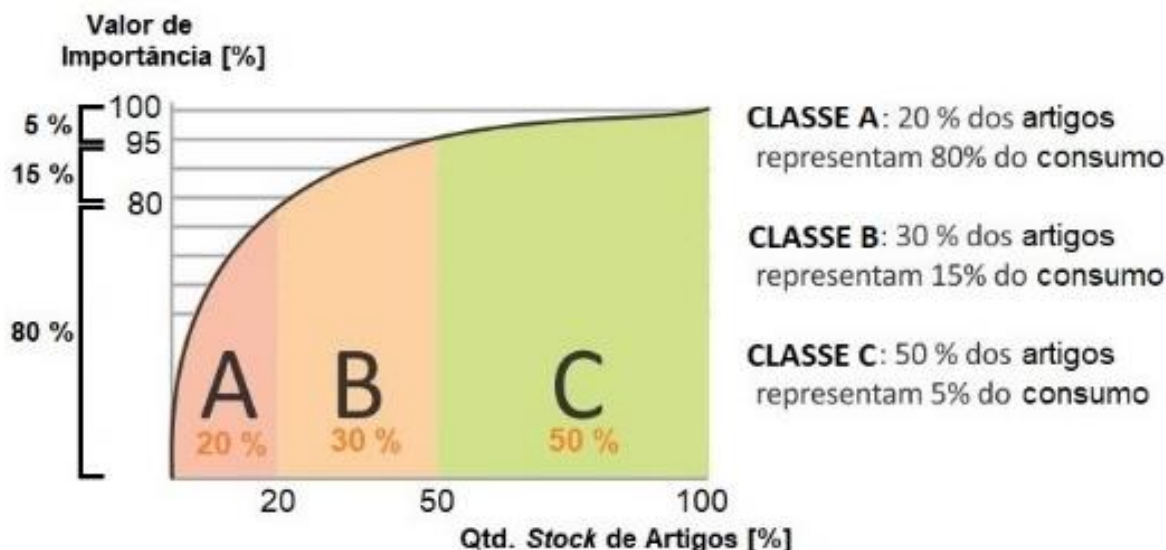


Figura 13 - Classificação ABC comum [Adaptado de (EXPRESS, 2016)].

Obtém-se então uma Curva ABC com base nos critérios acima indicados, em que a Classe A inclui os artigos de maior importância, ou seja, de maior consumo (cerca de 80 % do consumo total), e representa os artigos que existem normalmente em menor quantidade de *stock* (cerca de 20 %). Esta classificação mais frequente considera uma Classe B, em que 30 % do *stock* de artigos corresponde a 15 % do consumo, e uma Classe C que representa os artigos de menor consumo (cerca de 5 %), correspondendo à maior fatia de artigos em quantidade de *stock* existente (cerca de 50 %).

A base de estudo para a análise do *stock* pode ser a quantidade de *stock*, o custo do produto, ou quaisquer outras variáveis que representem o valor relativo da importância dos artigos (correspondente ao consumo que estes representam em relação ao consumo total da fábrica).

Seja qual for a variável base para esta análise, o objetivo é obter uma Curva ABC que exprima a importância relativa dos artigos graficamente, podendo estes ser posteriormente agrupados e classificados em classes, de acordo com a figura anterior.

A Curva ABC deve permitir observar facilmente qual o peso da importância dos artigos e comparar com a quantidade que representam em *stock* e, para obter esta curva, é necessário ordenar os artigos por ordem decrescente de quantidades, e calcular a percentagem cumulativa em relação a cada uma destas quantidades.

Para o estudo das Peças-de-Reserva da Funfrap, aplicou-se esta análise ao ficheiro Excel da lista de artigos do Armazém. Tendo em conta que este ficheiro agrega mais de 25000 artigos, o primeiro passo foi agregar todos os artigos em famílias, com base apenas nos três primeiros dígitos da respetiva codificação (de acordo com a Codificação MABEC, referida anteriormente). Obteve-se então uma coluna com o número de artigos de cada família, e ordenaram-se as famílias por ordem decrescente do número de artigos.

Posteriormente, calculou-se a percentagem quantitativa dos artigos em relação ao número total de artigos existentes, tendo-se obtido os resultados indicados na Figura 14 (coluna D).

	A	B	C	D	E
2					
3	Row Labels	Count of Cod_Desc	Copy of B	%	% Acumul.
4	D87 - Bens Desenhados.	4152	4152	15,76%	15,76%
5	X00 - Junta.Retentores	1518	1518	5,76%	21,53%
6	X75 - Materiais Eléctricos e Electró	1480	1480	5,62%	27,14%
7	#N/A	1392	1392	5,28%	32,43%
8	P95 - .Elingues; Manilhas; Diferenci	1065	1065	4,04%	36,47%
9	X34 - Órgãos de Movimento.Chuma	1016	1016	3,86%	40,33%
10	X25 - Tubagem , Torneiras, Lubrifid	939	939	3,56%	43,89%
11	X30 - Órgãos de Movimento.Rolam	935	935	3,55%	47,44%
12	X04 - Junta.O'rings; Quad ring	927	927	3,52%	50,96%
13	P88 - .Máquinas e motores pneumá	719	719	2,73%	53,69%
14	X65 - Materiais p/ Circuitos Hidrául	705	705	2,68%	56,37%
15	X41 - Parafusos e Porcas (c/ rosca	493	493	1,87%	58,24%
16	X60 - Materiais p/ Circuitos Hidrául	458	458	1,74%	59,98%
17	X23 - Tubagem , Torneiras, Lubrifid	442	442	1,68%	61,66%
18	T10 - Aços sem liga.Uso geral	407	407	1,55%	63,20%
19	X36 - Órgãos de Movimento.Correi	394	394	1,50%	64,70%
20	X11 - Raccord - Elementos de Cana	348	348	1,32%	66,02%
21	P67 - .Chaves fendas; Bocas; Lune	332	332	1,26%	67,28%
22	X12 - Raccord - Elementos de Cana	318	318	1,21%	68,49%

Figura 14 - Cálculo das percentagens quantitativas das famílias de artigos.

De acordo com a figura anterior, seguiu-se o cálculo da percentagem cumulativa, indicada na coluna E (a laranja). Esta última percentagem é então a base para a Classificação ABC.

Neste caso, para uma classificação mais completa, os artigos foram agrupados em quatro classes (ao invés da classificação comum em três classes), utilizando-se os critérios da seguinte forma:

- *Classe AA* – representa uma pequena parte do *stock* de artigos, correspondente ao maior consumo da fábrica, ou seja, a cerca de 50 % do consumo;
- *Classe A* – corresponde ao segundo maior consumo da fábrica, ou seja, a cerca de 30 %, representando outra pequena porção de artigos em relação à quantidade total de *stock*. Em conjunto com a Classe AA, representa cerca de 80 % do consumo;
- *Classe B* – representa uma parcela mais intermédia em quantidade de *stock* existente, sendo este *stock* correspondente a aproximadamente 15 % do consumo total da fábrica;
- *Classe C* – correspondente a uma grande quantidade de artigos que representam o menor consumo da fábrica, isto é, aproximadamente 5 % do consumo total; Em conjunto com a Classe B, representa cerca de 20 % do consumo total.

A Tabela 7 resume a Classificação ABC nas quatro classes, indicando o conceito base para cada classe.

Tabela 7 - Classificação ABC em quatro classes.

Classe	Consumo		Qtd. Stock Existente
AA	50 %	80 %	20 %
A	30 %		
B	15 %	20 %	80 %
C	5 %		

A divisão dos artigos em mais uma classe permite aumentar a distinção entre eles, segundo o seu grau de importância (de acordo com o consumo que representam), sem deixar de respeitar o Princípio de Pareto, já que as Classes AA e A representam em conjunto cerca de 80 % do consumo total e cerca de 20 % da quantidade em *stock*, e as Classes B e C cerca de 20 % do consumo (em conjunto), correspondendo a 80 % da quantidade de artigos em *stock*.

De acordo com estes critérios, os artigos foram classificados agrupando-se em quatro classes com base na respetiva percentagem quantitativa cumulativa, atribuindo-se a classe consoante o valor de percentagem cumulativa correspondente a cada tipo de artigo, como indica a figura seguinte (Figura 15).

	A	B	E	F
2			% Acumul.	
3	Row Labels	Count of Cod_	0,00%	Classe
4	D87 - Bens Desenhados.	4152	15,76%	AA
5	X00 - Junta.Retentores	1518	21,53%	AA
6	X75 - Materiais Eléctricos	1480	27,14%	AA
7	#N/A	1392	32,43%	AA
8	P95 - .Elingues; Manilhas;	1065	36,47%	AA
9	X34 - Órgãos de Moviment	1016	40,33%	AA
10	X25 - Tubagem , Torneiras	939	43,89%	AA
11	X30 - Órgãos de Moviment	935	47,44%	AA
12	X04 - Junta.O'rings; Quad	927	50,96%	A
13	P88 - .Máquinas e motores	719	53,69%	A
14	X65 - Materiais p/ Circuito	705	56,37%	A
15	X41 - Parafusos e Porcas	493	58,24%	A

Figura 15 - Atribuição das classes com base na percentagem cumulativa dos artigos.

Com base nos valores em causa e nos critérios de classificação, obteve-se então a Curva ABC correspondente à classificação dos artigos do ficheiro do Armazém (Figura 16).

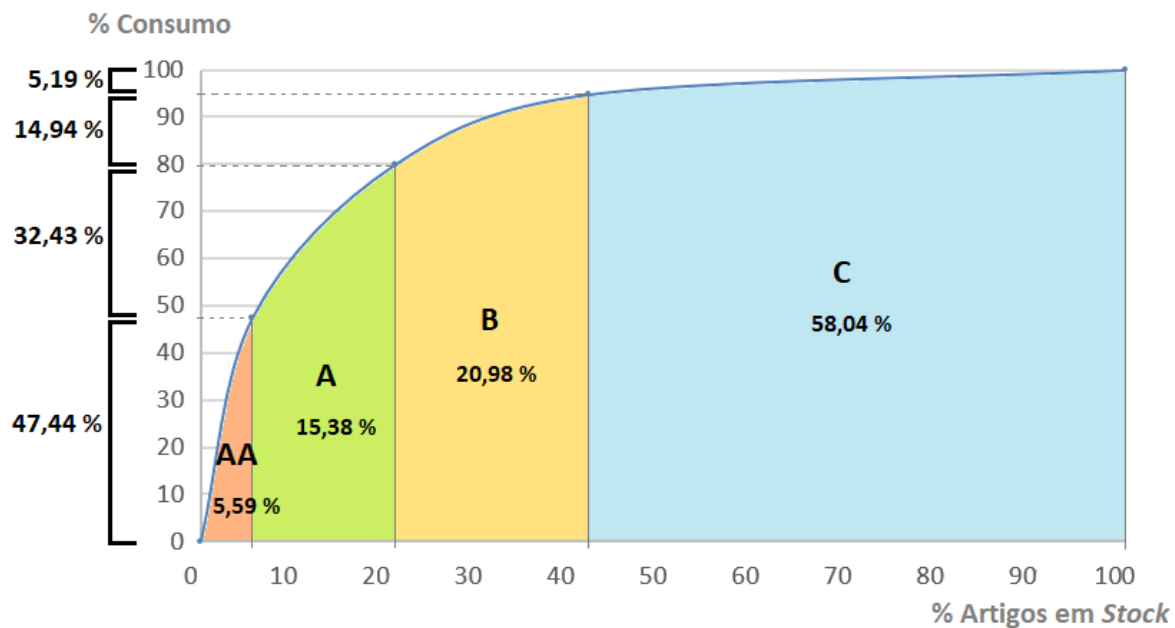


Figura 16 - Curva ABC relativa às Peças-de-Reserva do ficheiro do Armazém.

A Tabela 8 resume os dados reais da Classificação ABC das Peças-de-Reserva do Armazém nas quatro classes, indicando a relação entre a percentagem de consumo (importância relativa dos artigos) e a quantidade de *stock* correspondente para cada classe.

Tabela 8 - Resumo da Classificação ABC para as Peças-de-Reserva do Armazém.

Classe	Qtd. Stock [%]	Consumo [%]
AA	5,59	47,44
A	15,38	32,43
B	20,98	14,94
C	58,04	5,19

Depois de obtida a Classificação ABC, tem-se uma melhor percepção do peso dos vários tipos de artigos em relação à quantidade total consumida e à quantidade total de *stock* existente. Com base nesta classificação, poder-se-iam definir várias ações de melhoria na gestão de todos estes artigos, nomeadamente, a reformulação da estrutura *layout* de armazenagem dos artigos, organizando a locação de acordo com o seu grau de importância e colocando os artigos de maior consumo em zonas mais acessíveis. Este tipo de análise pode contribuir para otimizar o processo de requisições de material, com uma melhor definição de prioridades, e permite melhorar a gestão de todas as tarefas que estejam relacionadas direta ou indiretamente com as Peças-de-Reserva.



#### **4.4. Elaboração/reformulação dos dossiês dos equipamentos**

Para que todos os equipamentos possam ter uma manutenção organizada e mais eficiente, é necessário que toda a informação do equipamento esteja igualmente organizada e coerente com a atualização constante das informações, de modo a ser concebível que toda a gestão se baseie na avaliação de dados corretos e atualizados, com a criação de um suporte base completo para melhor servir o sistema de manutenção.

Para tal, trabalhou-se ao nível do *software* que sustenta atualmente a informação base relativa à manutenção dos equipamentos da fábrica, incidindo-se na elaboração da Árvore da Máquina dos equipamentos, com a sua desagregação em conjuntos, subconjuntos e componentes, de forma a ser mais fácil estruturar os problemas e perceber exatamente em que parte do equipamento é que ocorreram e, sucessivamente, quais os componentes de que dependem, até se conseguir chegar à sua causa-raiz.

A elaboração da Árvore da Máquina é ainda um processo complexo, que requer tempo e, mais ainda, quando os dados se encontram bastante desatualizados e é necessário procurar e cruzar informação, de modo a concluir quais os dados mais atuais. O objetivo final seria ter a árvore da máquina para todos os equipamentos existentes na fábrica, incluindo todos os setores de produção, continuando-se este trabalho como processo integrante da melhoria contínua da empresa após o período de estágio.

##### **4.4.1. Árvore da Máquina**

A Árvore da Máquina, designação utilizada na empresa em causa, é a definição da estrutura de uma máquina, segundo uma hierarquia em conjuntos, subconjuntos e componentes que a constituem. Define a estrutura específica de cada máquina, respeitando uma organização em árvore, seguindo a ideia de que cada ramificação dá origem aos grupos pré-estabelecidos por que é constituída, até se chegar ao componente.

Este conceito já existe estabelecido e integrado no programa informático que é utilizado atualmente pela Manutenção Profissional e por outros trabalhadores da fábrica. Mas a sua conceção está ainda incompleta e a estrutura das máquinas que está registada no programa carece de reformulação e confirmação, e está em grande parte desatualizada.

Inicialmente, iria fazer-se essa correção no próprio programa, mas com recurso a um programa novo que o informático estava a preparar. Infelizmente, o programa novo não ficou disponível a tempo e, uma vez que o programa atual utilizado não permitia a flexibilidade suficiente para se conseguir editar a estrutura existente, optou-se por fazer esta reformulação em Excel, tal como se transcreveu a Codificação MABEC, com a repetição das designações em coluna, da mesma forma que é feita a programação, com o intuito de registar a informação sob a forma de uma base de dados que desse ao informático a possibilidade de exportar posteriormente essa informação para o programa.

Posteriormente, com recurso ao programa novo, o objetivo seria transferir todos os dados existentes, e seria espectável que este novo suporte fosse resolver vários problemas em

simultâneo. Uma das situações chave a colmatar relaciona-se com todas as referências dos artigos existentes, que devem ser reconhecidos como artigos de armazém (Peças-de-Reserva) e, simultaneamente, como componentes constituintes de máquinas, devendo estabelecer-se esta interligação no *software*.

Para além disso, a ideia seria também criar SMP's mais interativas, através de hiperligações que ligassem o código de cada artigo (conjunto, subconjunto ou componente) à respetiva SMP para a sua intervenção, e inserindo imagens dos procedimentos das SMP's com possibilidade de fazer *zoom* e seguir caminhos de explicação dos procedimentos.

Para tal, é primeiro necessário criar a estrutura base mais correta e adequada para cada equipamento, através da elaboração da Árvore da Máquina.

Começou-se por verificar e reformular a Árvore da Máquina do Elevador nº 10 do sector da Preparação de Areias da Moldação.

#### 4.4.2. Elevador nº 10

O Elevador nº 10 é um dos equipamentos de toda a produção que mais paragens acarreta atualmente, talvez por se tratar de um sistema complexo, e de difícil manutenção, devido aos subconjuntos por que é constituído.

Existem vários sistemas de transporte de materiais, e o tipo de sistema depende dos desníveis que têm de assegurar entre os pontos de carga e descarga, existindo vários tipos de correias transportadoras (Figura 17).

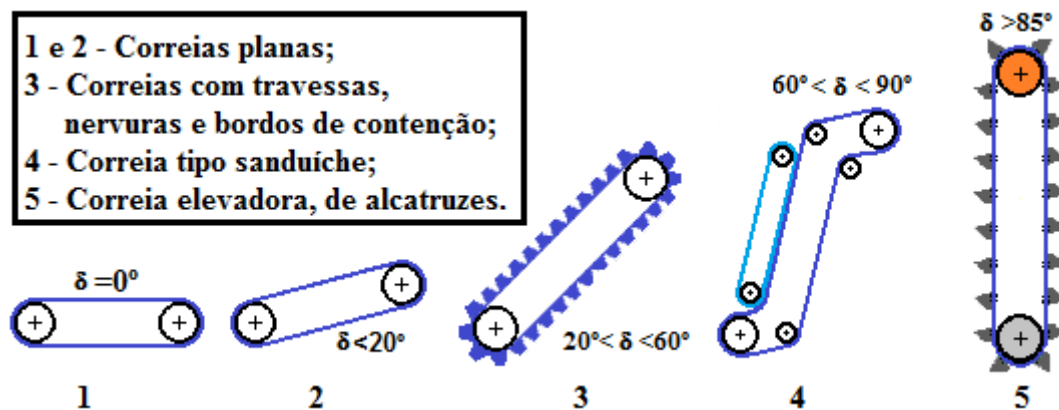
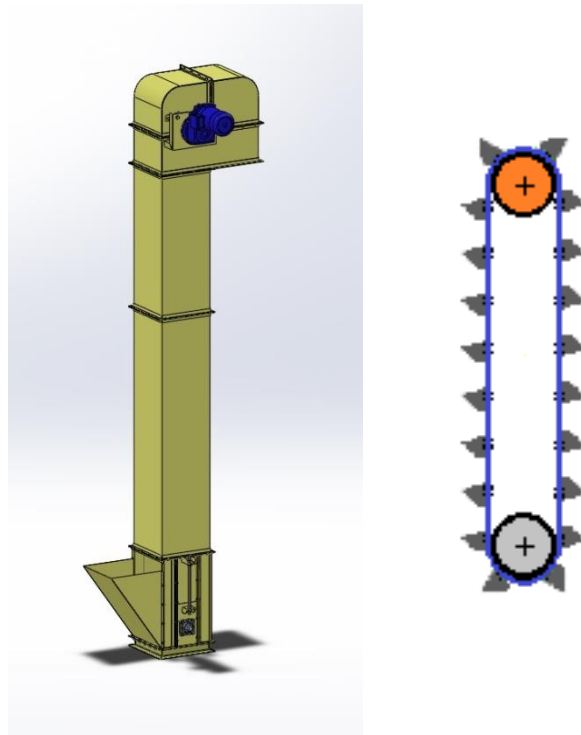


Figura 17 - Tipos de correias transportadoras [Fonte: (Caetano, 2014)].

Os elevadores industriais são apenas um dos vários tipos de correias transportadoras que existem.

No caso da fábrica em causa, estudou-se um elevador que sustenta o transporte de uma areia específica para dar seguimento ao processo de moldação, sendo uma das máquinas do sector de

Preparação de Areias da Moldação. O Elevador 10 corresponde a uma correia transportadora de alcatruzes, de acordo com a configuração 5 da figura anterior (Figura 18).



**Figura 18 – Tipo de correia transportadora do Elevador 10 (correia elevadora de alcatruzes) [Adaptado de (bizfeira) e (Caetano, 2014)].**

No geral, o elevador é constituído pela correia transportadora, pelas tremonhas (de carga e de descarga), e pelo sistema de alimentação (Figura 19).

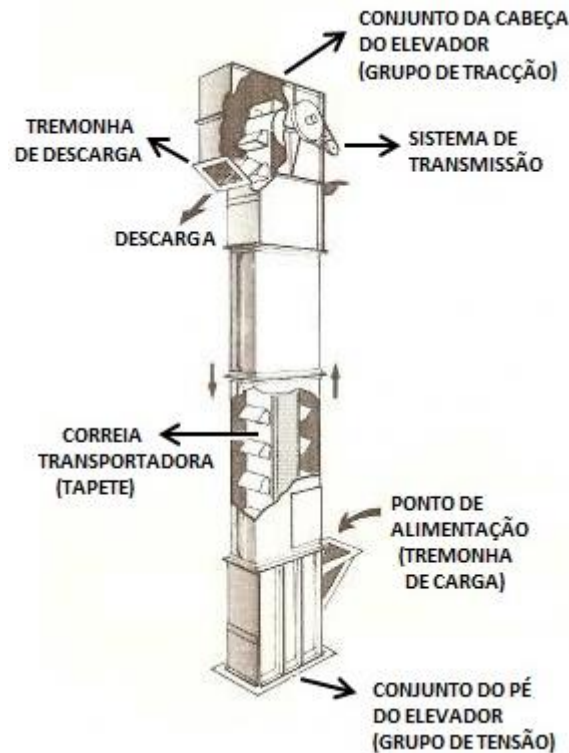


Figura 19 - Elementos principais do elevador [Adaptado de (Ferreira)].

A base que sustenta o movimento da carga é a correia transportadora. Neste caso, é constituída pelo tapete e possui cerca de 40 alcatruzes de aço (para transportar a areia quente), quatro dos quais são alcatruzes raspadores (Figura 20).

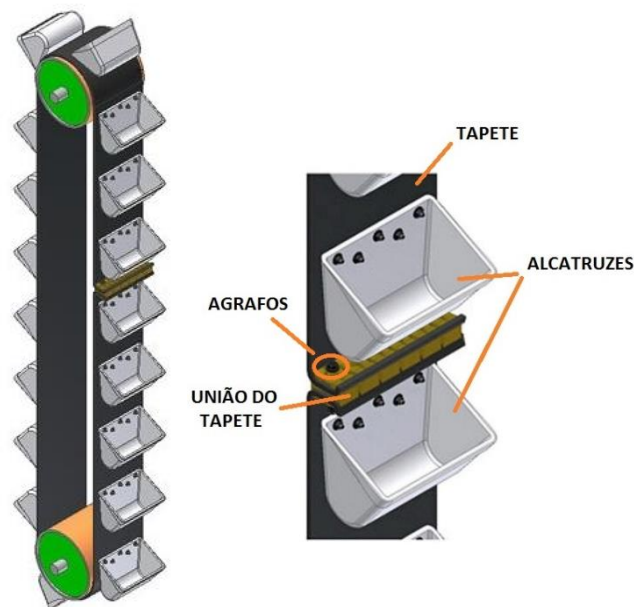


Figura 20 - Constituição da correia transportadora [Adaptado de (Mills)].

Neste tipo de equipamento existe sempre um elemento fundamental de toda a estrutura e que requer uma atenção especial e uma manutenção preventiva incidente: a união do tapete.

Para além do tapete transportador (correia), o elevador é constituído por dois grandes grupos: o grupo de tração e o grupo de tensão (Figura 21).

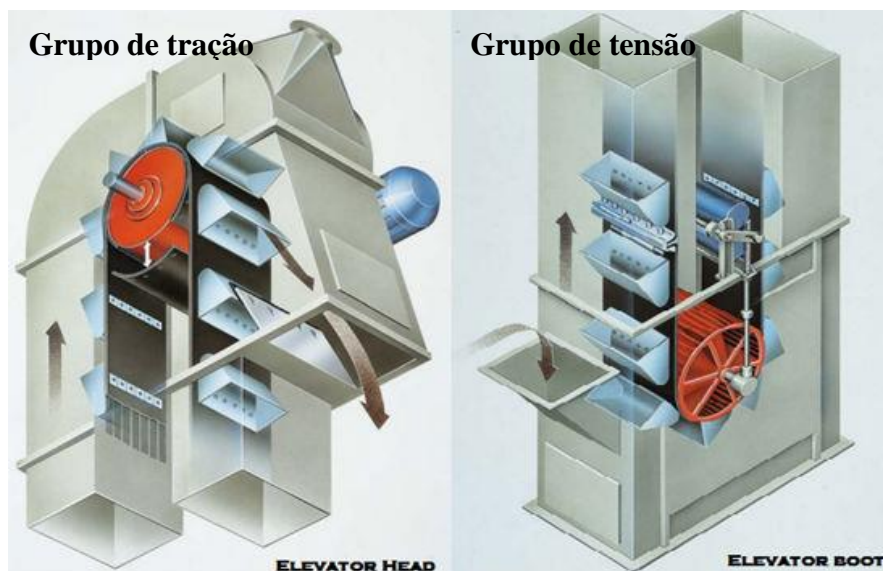


Figura 21 - Cabeça e pé do elevador [Fonte: (CONVEYORS, 2018)].

O grupo de tração (grupo de comando) corresponde à parte estrutural superior do elevador (cabeça do elevador), e o grupo de tensão sustenta a estrutura inferior (pé do elevador).

A figura seguinte (Figura 22) ilustra o grupo de tração, que integra o sistema de transmissão.

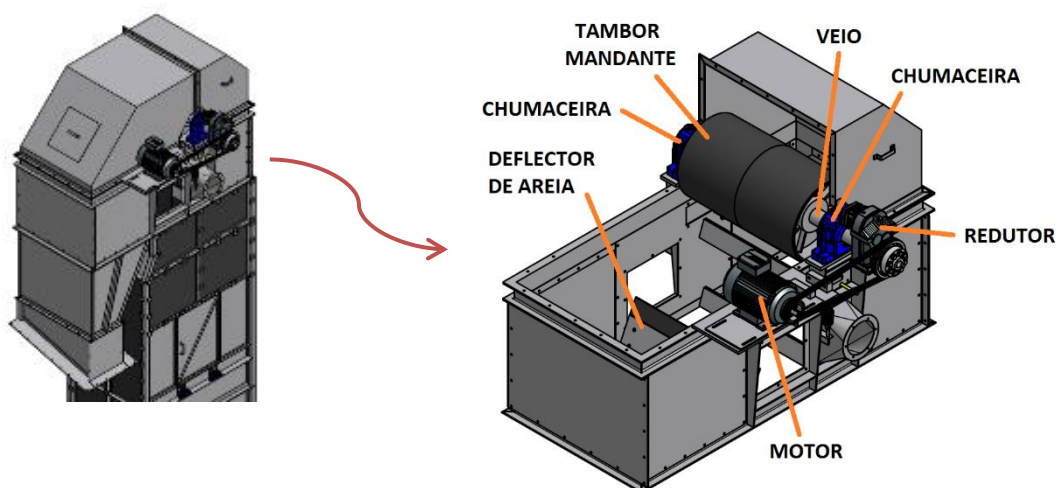


Figura 22 - Grupo de tração [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].

O grupo de tração, por sua vez, é constituído pelo tambor mandante, o veio, as chumaceiras e, principalmente, o sistema de alimentação (Figura 23).

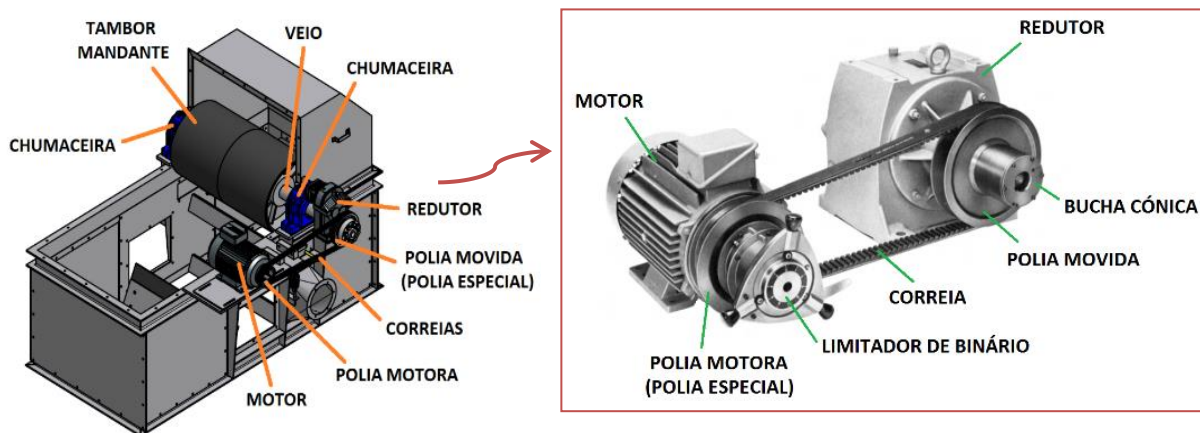


Figura 23 - Sistema de alimentação (Grupo de tração) [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].

O sistema de alimentação agrega a correia, as polias, o motor, o redutor e o limitador de binário, sendo a base de funcionamento do elevador.

O motor é o elemento que fornece o binário de rotação inicial (Figura 24).

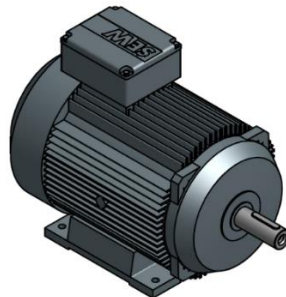


Figura 24 – Motor [Fonte: Documentação interna da Funfrap].

Por sua vez, o redutor transmite a força fornecida pelo motor necessária ao movimento do tapete (Figura 25).



Figura 25 – Redutor [Fonte: (AOKMAN)].



Depois, tem-se o grupo de tensão, no pé do elevador (Figura 26).

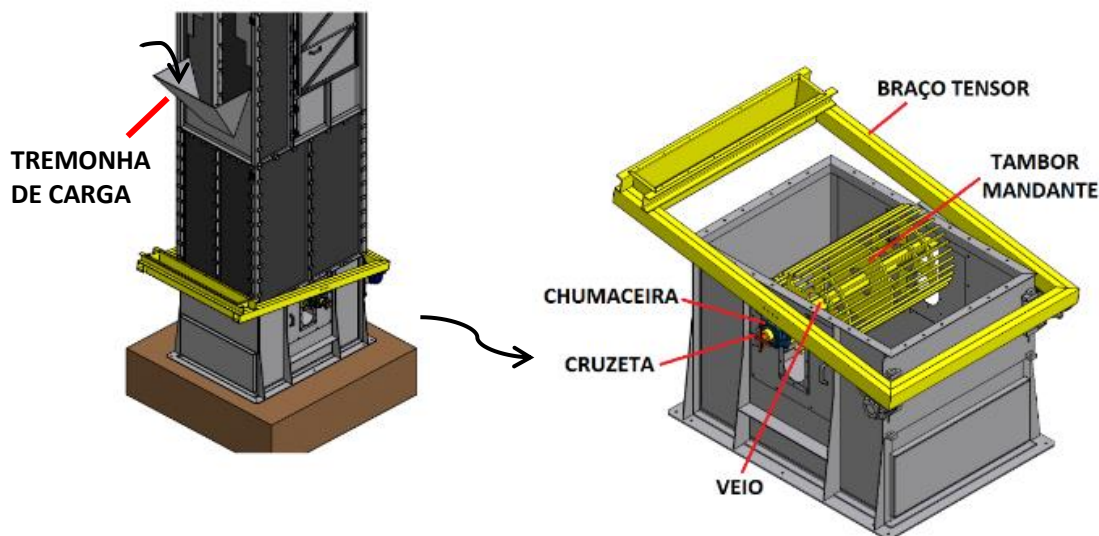


Figura 26 - Grupo de tensão [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].

O grupo de tensão inclui o tambor mandado (Figura 27), que é diferente do tambor mandante, e é aberto, unido por hastes que o compõem e por dois cones opostos em metal encostados um ao outro, que servem para que a areia que cai sobre si escorregue para os lados, para não ficar a depositar-se no cimo do tambor.

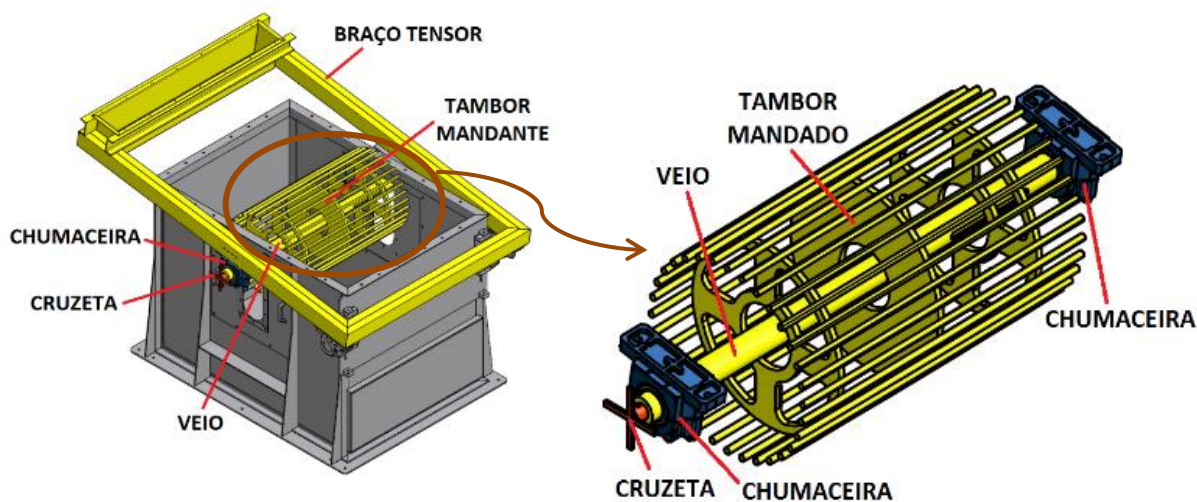


Figura 27 - Tambor mandado (grupo de tensão) [Adaptado de Documentação interna da Funfrap].

Para além das suas partes fundamentais, pode ainda indicar-se a constituição de uma chumaceira, um dos componentes que mais existem na fábrica (Figura 28).

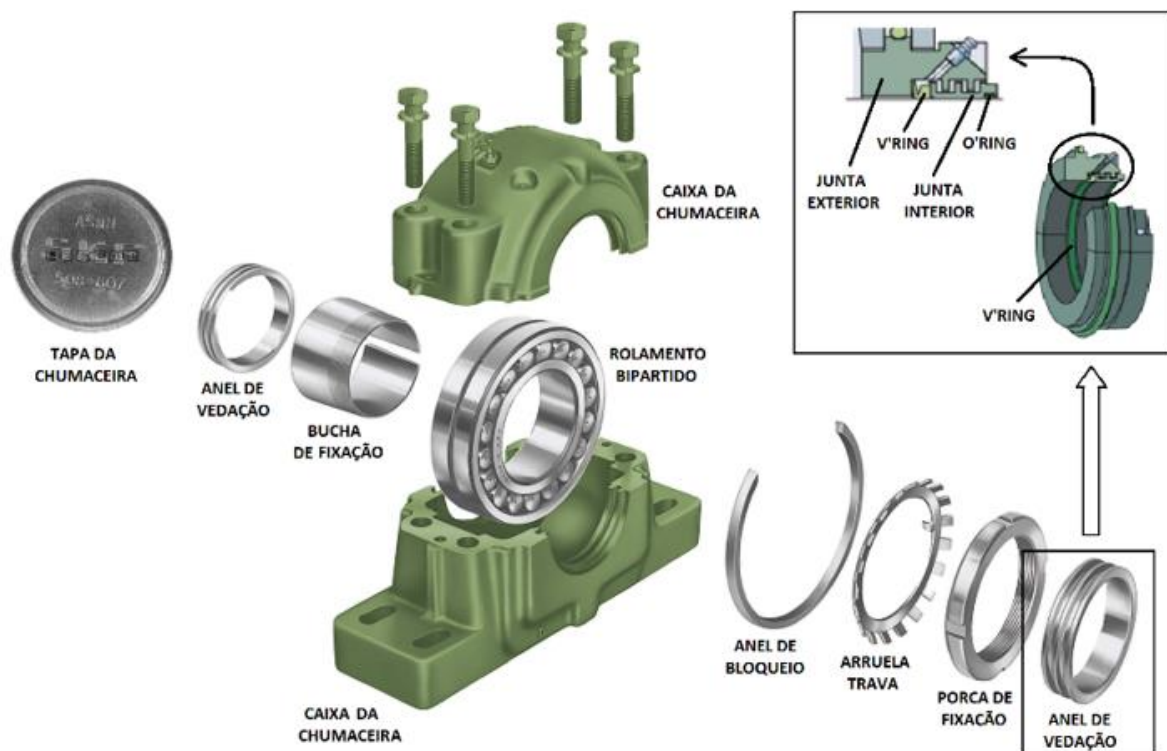


Figura 28 – Chumaceira [Adaptado de (TIMKEN) e Documentação interna da Funfrap].

As chumaceiras são elementos de ferro fundido ou aço, utilizados como estruturas base constituintes de muitas máquinas da fábrica, que servem para apoiar e fixar veios rotativos. No seu interior encerram um conjunto de elementos ligados entre si (Figura 28), através dos quais gira o respetivo veio ou eixo, e que têm como função reduzir o seu atrito.

Por fim, um dos elementos fundamentais da chumaceira é o rolamento bipartido (Figura 29), o principal responsável pela redução das forças de tensão associadas ao sistema e, consequentemente, pelo aumento da sua vida operacional e redução de custos de manutenção.



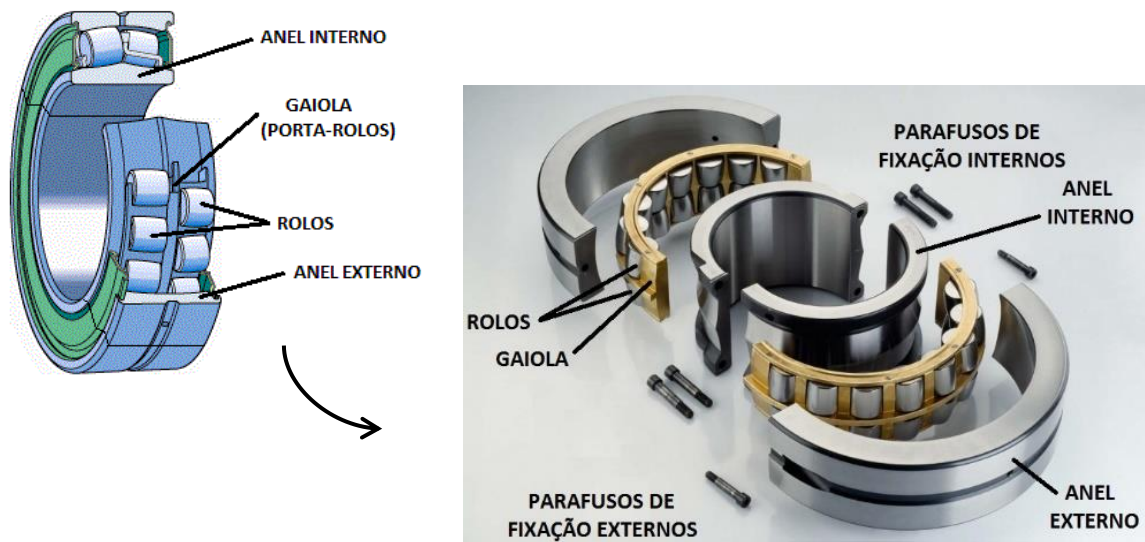


Figura 29 - Rolamento bipartido [Adaptado de (Brammer) e (cotanet)].

#### 4.5. Pequena análise ao nível da Manutenção Preventiva dos equipamentos

Um dos melhores tipos de manutenção que se pode fazer para prevenir a falha dos equipamentos e adiar a sua degradação é a Manutenção Planeada Preditiva.

##### 4.5.1. Manutenção Planeada Preditiva (de condição)

Como referido anteriormente, a Manutenção Planeada Preditiva (de condição) é feita com base no estudo do estado/condição do equipamento, por análise de vibrações, efluentes ou termografia.

As várias análises possíveis, que permitem fazer um diagnóstico ao equipamento e avaliar o estado do seu funcionamento e as condições em que está a operar, são suportadas pela medição de variáveis, como pressão, temperatura, caudal, etc. Para o controlo do estado de um ativo podem estabelecer-se previamente determinados valores limite de referência, integrados em sistemas de controlo automáticos, que, quando atingidos, podem dar origem a uma intervenção. Este controlo pode ser feito através de sistemas de bloqueio da máquina ou de acionamento de alertas quando algo não está a funcionar dentro dos parâmetros previamente estabelecidos e, desta forma, podem implementar-se sistemas automáticos de deteção de anomalias através da medição de variáveis específicas de controlo.

Na Funfrap, especificamente, podem referir-se alguns exemplos de sistemas de controlo que estão atualmente em funcionamento e que fazem parte do processo de manutenção preditiva.

Os *Poka Yoke* são um exemplo comum, existindo um sistema destes que deteta, por exemplo, a existência de uma saliência na estrutura da peça do produto à saída do respetivo sector de Produção, através da medição de uma cota pré-definida. Este dispositivo contém um sensor que

deteta quando o produto não está dentro dos parâmetros estipulados, permitindo a seleção dos produtos anómalos, que são depois direcionados e transportados para outro tapete, intervindo assim na qualidade do produto, no processo de fabrico. Ainda que não estejam relacionados diretamente com a Manutenção, caso o produto esteja frequentemente a sair mal, os *Poka Yoke* podem-nos dar uma indicação (ainda que indireta) sobre a necessidade de realizar ações de manutenção, indicando, por exemplo, uma eventual descalibração numa máquina, ou qualquer outra anomalia nos equipamentos antecedentes à deteção da falha que esteja a provocar o respetivo defeito no produto.

Outro exemplo é a medição da temperatura de subconjuntos como motores, que estão associados a um sistema de controlo que dispara os disjuntores do quadro elétrico quando o sensor mede valores de temperatura acima de um determinado valor limite.

NOTA: Para a realização destas medições de controlo (através de medições manuais ou de registo de medições automáticas) ou de quaisquer outras tarefas de manutenção, é necessário ter as instruções de trabalho (fichas SMP) o mais atualizadas possível. A atualização destes documentos consumiu grande parte do período de estágio, com a reformulação de, praticamente todas as SMP's relativas aos conjuntos e subconjuntos constituintes do Elevador 10, sendo um trabalho de extrema importância, para que qualquer operador possa consultar estes documentos para auxílio à execução correta dos procedimentos, e para que se saiba exatamente qual a estrutura completa do conjunto ou subconjunto em causa (detalhada em componentes) e a lista de material que é necessário em cada caso, e que está indicada nas SMP's.

#### **4.5.2. MTTR e MTBF**

Os custos de manutenção podem ser contabilizados essencialmente através das quantidades de material consumido, da MO, e dos tempos de produção efetivos.

A abordagem ao nível dos tempos pode ser feita através do MTBF e MTTR.

O MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) e o MTTR (Tempo Médio de Reparação) são dos indicadores mais utilizados para estudar a fiabilidade dos equipamentos, permitindo determinar a sua Disponibilidade, com base no histórico de falhas.

Estes são dos indicadores mais antigos que são utilizados como referência para a tomada de decisões, tendo em conta que o MTBF pode medir mais diretamente a fiabilidade de um equipamento, e o MTTR a eficiência de ações corretivas realizadas num determinado período de tempo.

Por exemplo, considerando um dado equipamento, se o seu MTBF aumentar ao longo de um determinado período de tempo, indica que houve uma melhoria ao nível da sua disponibilidade, e que a sua frequência de falhas/paragens foi menor. É este indicador que permite demonstrar o nível de eficácia em que se encontram as ações de manutenção realizadas para atenuar/evitar a ocorrência de falhas durante o tempo de produção, verificando a sua utilidade em função da

resolução dos problemas, e funcionando com uma linha de seguimento para a gestão da manutenção da fábrica.

Por outro lado, o MTTR funciona como indicador direto da eficiência ao nível da assistência da Manutenção, e deve ser o menor possível, de modo a indicar a rapidez nas respostas, através de uma boa organização dos recursos, que devem estar devidamente alocados e disponíveis constantemente, e encontrando-se facilmente acessíveis, para que não falem no momento necessário a uma intervenção. Quanto menor for o MTTR, menor será a perda de produtividade por indisponibilidade dos equipamentos.

Desta forma, estes dois indicadores são comumente utilizados para a própria empresa avaliar a eficiência e eficácia dos seus processos produtivos, dada a sua grande utilidade, que permite também a melhoria do controlo da qualidade dos processos e produtos.

Através destes indicadores, fez-se uma abordagem geral dos tempos de paragem dos equipamentos da fábrica, de acordo com diferentes bases temporais, tendo em conta que a fábrica labora aproximadamente 230 dias por ano, com paragens planeadas de três semanas em Agosto e 1 semana em Dezembro.

De forma resumida e genérica, através da análise destes indicadores, verificou-se que nos últimos anos o Elevador nº 10 (elevador da Preparação de Areias da Moldação) foi um dos equipamentos em que ocorreram mais paragens não planeadas.

Por exemplo, nos últimos meses estudados, para o mesmo período de tempo (um mês), ocorreram, aproximadamente, duas paragens. Com base no MTBF obtido, estima-se que nesse mês iria ocorrer uma falha a cada 10 dias, implicando paragens de, aproximadamente, uma hora e meia (em média). Posteriormente, considerando uma base temporal mais alargada, é possível verificar a frequência das ocorrências, com base no histórico de avarias (registo de pedidos de intervenção), e verificar a sua variação ao longo do tempo, com base no cálculo do MTBF e MTTR.

Outro aspeto verificado foi a ocorrência de um maior número de paragens no último ano a um nível geral. Seria importante mais tarde conseguir reunir dados que pudessem justificar um maior número de paragens nesse ano, tentando encontrar uma explicação em variáveis que possam ter sido diferentes neste ano quando comparado com os restantes, como condições climáticas, falhas de energia, aumento do número de turnos a laborar, etc.

Relativamente ao Elevador 10, procedeu-se a uma análise posterior, para se tentar perceber o porquê de este ser um dos equipamentos com maior número de falhas.

Com base no histórico de paragens e pela análise dos comentários dos pedidos de intervenção, para além de todos os outros tipos de causa de falha, o motor é um subconjunto que é causa frequente das paragens deste elevador, bem com o redutor e outros componentes do sistema de transmissão.

De seguida, descreve-se um raciocínio realizado para apurar as causas dos problemas com o Elevador 10, através da iteração sistemática de perguntas, fazendo-se uma reflexão continuada e insistente.

→ *Razões possíveis? (de acordo com os comentários do registo dos pedidos de intervenção - registo do histórico das avarias da Manutenção):*

- Sobrecarga no elevador por falta de limpeza parece ser uma das situações mais frequentes, comparando os dados gerais dos últimos anos; verifica-se que a maioria das paragens ocorrem por existir excesso de areia no pé do elevador;
- Para além da situação de sobrecarga por falta de limpeza, pode ocorrer sobrecarga por excesso de carga nos alcatruzes.

→ *Interrogações e inferências (extensão do método dos 5W):*

- qual é a frequência da limpeza?
- qual deveria ser a frequência da limpeza?
- que outros fatores contribuem atualmente para ocorrer paragem por sobrecarga?
- que outros fatores podem contribuir para ocorrer paragem por sobrecarga?
- ocorre a verificação periódica do bom estado de funcionamento dos subconjuntos mais importantes?
- está assegurada a manutenção preventiva dos subconjuntos mais importantes, como motor, redutor, correias, polias, limitador de binário, tambor, tapete, alcatruzes, defletor<sup>12</sup>, raspador do tambor, etc.?
- para além do defletor, existe algum outro componente/elemento constituinte do elevador que possa evitar a queda ou deposição progressiva de areia? É possível criar algum elemento novo para evitar a queda ou deposição progressiva de areia?
- É possível criar algum elemento novo para combater o problema de outra forma? (Há a possibilidade de adicionar algum elemento novo em alguma parte estratégica do elevador?)
- ocorre a verificação periódica das condições de pressão, de temperatura, de nível de carga energética e de outras variáveis que condicionam o bom estado de funcionamento dos subconjuntos mais importantes?
- sendo a sobrecarga por excesso de areia um dos problemas a resolver, a limpeza assídua será a única solução existente para colmatar o problema? (não há outras ações corretivas que possam combater a mesma causa raiz?)
- a grande maioria das paragens por paragem do motor é devida a excesso de temperatura?
- o excesso de temperatura no motor pode ser provocado pela sobrecarga de areia que fica depositada no pé do elevador?

---

<sup>12</sup> Defletor de areia – elemento que serve para evitar a queda de areia e para a conduzir para a tremonha, evitando a deposição progressiva de areia; pertence ao grupo de tração, estando fixo junto ao tambor mandante (Figura 22).

- a maioria das paragens ocorridas levam a inferir que sejam consequência da mesma causa raiz: sobrecarga por excesso de areia no pé do elevador. Pode afirmar-se que esta seja a principal razão da maioria das paragens?

→ *Dedução:*

No geral dos anos, verifica-se com frequência também paragens do elevador devido a paragens do motor (por disparos elétricos, motor queimado, etc.), onde o excesso de temperatura que se atinge é uma das principais razões que provoca a paragem. No caso do motor, a identificação da causa raiz pode resultar na mesma origem, tal como em relação a paragens devido a outros subconjuntos/componentes. E a origem pode ser quase sempre a mesma: sobrecarga por excesso de areia no pé do elevador. Se isto for verdade, ao combater este problema, pode estar a evitar-se a ocorrência de outras paragens também, que outrora eram consequência desta mesma causa raiz.

→ *Ações-foco a realizar para cessar estas ocorrências?*

- limpeza assídua;
- formação.

→ *Pontos importantes:*

No caso da ação "limpeza assídua", deve pensar-se no que se pode fazer para garantir que a ação é realizada. O fator mais importante é fazer perceber a sua importância às pessoas que vão exercer esta função, e deve pensar-se como é mais adequado e eficaz fazê-lo, como recorrendo a ações de formação. Quaisquer que sejam as ações tomadas, é importante que esta tarefa seja lembrada com periodicidade e com qualquer outra coisa que se reconheça como necessária para a ação ser cumprida. (A persistência no "lembrar a importância da ação" é parte da própria ação, para que esta seja efetivamente realizada. Isto pode e deve aplicar-se a qualquer ação.)

→ *Questões de Segurança:*

- quer seja para produzir, quer seja para manter, é obrigatório o uso de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual), de acordo com a zona e/ou a tarefa a executar;
- quando é necessário entrar dentro dos equipamentos ou em zonas de maior perigo eminente, é obrigatório fazer o procedimento LOTO (*Lock Out Tag Out*), fazendo uso do alicate;
- em várias máquinas, deve confirmar-se a existência de proteções nas máquinas (que são referidas no manual de boas práticas de segurança), como por exemplo o capot de proteção do sistema de transmissão do elevador, e outras proteções semelhantes que deveriam existir ao longo de toda a máquina.



## **5. Outra experiência ao nível da indústria automóvel**

Como referido anteriormente, este trabalho agrega a abordagem do conhecimento de duas fábricas diferentes que, apesar de pertencerem ao mesmo ramo (automóvel), proporcionaram experiências em realidades muito distintas, dado que as duas produzem componentes completamente diferentes, baseando-se, consequentemente, em processos de fabrico diferentes.

Assim, este capítulo visa dar a conhecer parte do trabalho que foi realizado numa outra empresa, naquele que foi o segundo contacto com a realidade industrial.

### **5.1. Apresentação da Empresa**

A Empresa é uma multinacional pertencente à indústria automóvel, que fabrica vários componentes para este sector, tendo como clientes grandes marcas do ramo automóvel, como a VW Group, Renault-Nissan, PSA Peugeot-Citroën, Seat, Mercedes-Benz, etc.

Para proteção de dados da empresa, não se fará referência à fábrica em questão, indicando-se apenas que trabalha ao nível da produção de assentos de automóveis.

#### **5.1.1. Contextualização**

Esta segunda Empresa que foi possível conhecer trabalha ao nível da produção de bancos de automóvel, sustentando uma parte da área de negócio das estruturas metálicas dos bancos.

Comece-se então por perceber a constituição principal de um banco de automóvel.

A figura seguinte (Figura 30) permite distinguir os componentes fundamentais dos bancos de um automóvel.



Figura 30 - Constituição fundamental de um banco de automóvel [Adaptado de (TsTech)].

No geral, um banco possui o enchimento, produzido normalmente através de uma espuma específica que ganha a forma pretendida no interior de moldes, a sua forragem, que consiste no seu revestimento, feito à base de tecidos e/ou couros, e a sua estrutura metálica, que sustenta todo o produto e agrega a maioria das suas funcionalidades.

Posteriormente, todos estes elementos fundamentais do banco sofrem um processo de estofagem, onde ocorre a aglomeração da estrutura metálica ao enchimento, e a forragem deste com a capa de tecido/couro.

As principais partes do banco são então a estrutura metálica base, que pode conter uma componente elétrica ou não, dependendo do tipo de banco, e o enchimento e o revestimento, sendo que o revestimento é muito diverso, variando consoante o tipo de tecidos e couros utilizados.

Nesta Empresa surgiu uma oportunidade adicional de aprender um pouco mais sobre a indústria automóvel. Esta monografia pretende dar também a conhecer um pouco do que foi feito nesta fábrica e a aprendizagem que permitiu adquirir através de uma experiência passada numa boa escola para o futuro.

## **5.2. Conceitos-chave que sustentam a Política de Gestão da Fábrica**

Como muitas outras organizações, a Empresa tem uma filosofia que visa abranger todos os colaboradores que dela façam parte, e que todos devem respeitar.

Para melhor perceber o seu funcionamento, é necessário referir alguns dos conceitos que estão na base da sua política de gestão, e que são comuns a tantas outras fábricas.

### **5.2.1. Política de gestão**



O objetivo de qualquer fábrica é otimizar o seu modo de funcionamento, com base num conjunto de regras que contribuam para proporcionar o aumento da capacidade que a empresa tem para tornar a organização da produção mais eficaz.

A política de gestão da organização em causa baseia-se na ideia principal de implicação do pessoal, gerando o envolvimento dos colaboradores com a maior autonomia possível, e a aposta na formação das pessoas, para que desenvolvam competências técnicas a um nível superior que lhes permita terem cada vez mais capacidade de autonomia no seu trabalho, tendo-se como objetivo principal o recrutamento interno (mais barato).

Só com base num conjunto de conceitos de gestão pré-definidos é possível atingir a criação de valor, traduzindo-se no lucro que a empresa consegue obter com o valor que consegue produzir, conjugando simultaneamente a boa Qualidade dos produtos, o baixo Custo de produção (para permitir oferecer preços competitivos), e a garantia da sua Disponibilidade, respeitando os prazos de entrega dos pedidos dos clientes (isto é, mantendo a capacidade de responder em tempo e variedade, e na quantidade solicitada).

#### **5.2.2. Conceitos-chave que sustentam a base de gestão**

Pode começar por referir-se alguns dos conceitos mais básicos, e importantes para perceber a base de funcionamento da fábrica em questão, tendo em conta que se trata de conceitos que não deixam de ser comuns a outras fábricas.

Desde logo, um ponto-chave para manter o desenvolvimento de uma qualquer organização são as pessoas que sustentam toda a atividade da fábrica diariamente; para tal, quando se fala em Recursos Humanos da fábrica, está implícito sob a própria filosofia da Empresa o envolvimento dos colaboradores no processo, para que possam ter autonomia e empregar a sua função da melhor forma.

Focando no ramo chave de qualquer atividade, compreende-se que é fulcral o bom funcionamento da Produção e, para concretizar o envolvimento das pessoas, os vários colaboradores estão organizados por equipas, e a empresa trabalha com o intuito de melhorar continuamente a autonomia dos vários grupos de trabalho. Nesse sentido, a fábrica compreende várias UAP's (Unidades Autónomas de Produção) que, por sua vez, são constituídas por GAP's (Grupos Autónomos de Produção), traduzindo-se este último conceito na organização dos colaboradores em equipas autónomas.

A figura seguinte (Figura 31) mostra um organograma da estrutura organizacional dos colaboradores, que serve de base a todo o processo fabril.

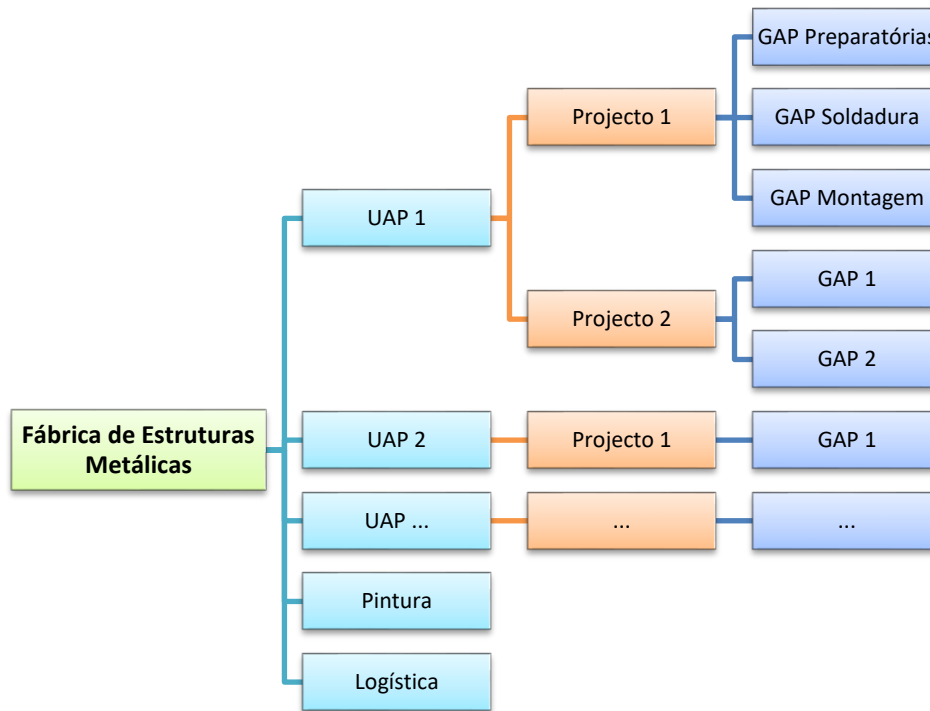


Figura 31 - Organograma exemplificativo da estrutura organizacional dos colaboradores.

Com base no esquema, pode compreender-se melhor a organização, estruturando-se da seguinte forma:

- Cada GAP deve ser constituída, no máximo, por 8 pessoas, incluindo o Team Leader (ou GAP Leader), que é o colaborador responsável por liderar a equipa;
- A cada 3 GAP's, deve existir um Supervisor, ou seja, um colaborador que é responsável pelo bom funcionamento dessas 3 GAP's e que gere um máximo de 25 pessoas;
- Em cada UAP existe um Manager da UAP, que é responsável por toda a UAP (Chefia de todos os Supervisores, GAP Leaders e restantes operadores pertencentes a essa UAP), e que deve gerir um máximo de 200 pessoas;
- Por fim, dentro da mesma fábrica, existe o Diretor de Fábrica, responsável por todas as UAP's, ou seja, responsável por toda a fábrica.

Dentro da fábrica, para além da Produção, existem ainda as demais funções igualmente necessárias para o seu funcionamento, nomeadamente:

- Recursos Humanos;
- Saúde e Segurança no Trabalho;
- Qualidade;
- Engenharia;

- Manutenção;
- Logística;
- etc.

Cada UAP divide-se por projetos, de acordo com os clientes e com os modelos de carros que se responsabiliza por produzir.

O trabalho de estágio decorreu numa das UAP's que sustentam a atividade da fábrica, colaborando ao nível da Produção.

Relativamente à UAP onde se trabalhou, existem dois projetos principais que estão neste momento em execução. Os projetos desta UAP baseiam-se apenas na produção de bancos traseiros, que são, no geral, mais complexos do que os outros bancos que outras UAP's da fábrica produzem (nomeadamente, os dianteiros).

### **5.3. Processo produtivo**

Apesar de haver sempre pequenas variações dependendo dos projetos em causa, o processo produtivo baseia-se mais ou menos nas mesmas linhas de produção em toda a fábrica.

Os processos associados à Produção são essencialmente Soldadura e Montagem.

No caso da UAP onde decorreu o estágio, existem dois projetos principais: o Projeto 1 e o Projeto 2. Ao todo, para ambos os projetos existem cinco GAP's; por ordem do processo produtivo, podem referir-se:

1. Preparatórias – uma GAP (componentes iniciais que vão abastecer a Soldadura 1 e a Soldadura 2);
2. Soldadura – duas GAP's (Soldadura 1 e Soldadura 2);
3. Montagem – duas GAP's (Montagem 1 e Montagem 2).

A figura seguinte (Figura 32) ilustra a ordem do processo produtivo dos dois principais projetos da UAP em questão.

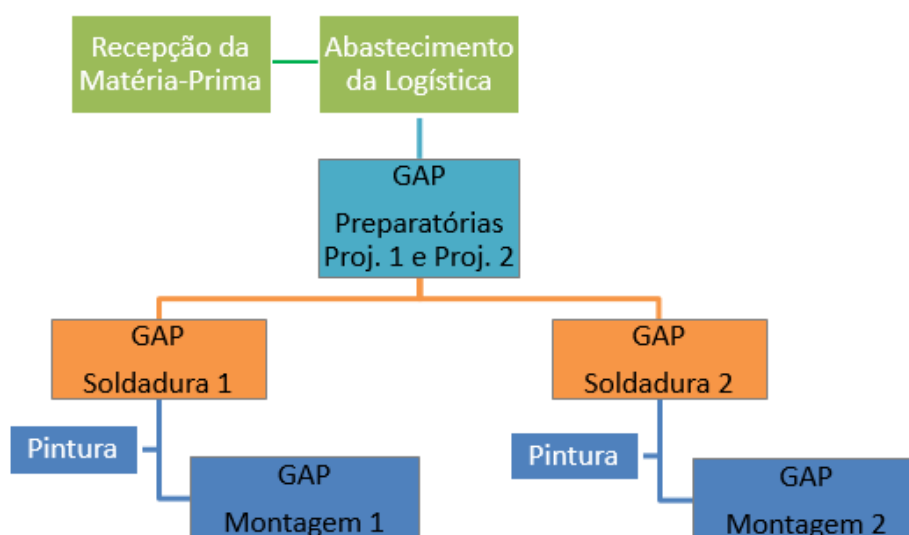


Figura 32 - Processo produtivo dos projetos da UAP.

O processo de fabrico começa com o abastecimento de matéria-prima nas linhas de produção, que é realizada por pessoas da Logística, sendo que cada um destes colaboradores é responsável por abastecer uma GAP, repondo ao longo de cada turno a matéria-prima necessária para sustentar a produção diária.

Na GAP das Preparatórias, como o próprio nome indica, são preparadas as peças iniciais para dar continuidade ao processo e que serão parte integrante dos assentos e encostos. Parte destas peças vão diretas para a Montagem e outras passam primeiro pela Soldadura. Nas preparatórias as peças passam essencialmente por máquinas manuais de montagem e soldadura em pontos específicos para assemblagem de pequenas partes dos assentos e encostos, onde o operador monta as peças na máquina e esta solda ou rebita os subconjuntos em causa. Consiste em pequenas operações de Soldadura de Pontos por Resistência (SPR), pequenas operações de montagem por Rebitagem Orbital, e inserção de *Bushing* em algumas peças, para além de incluir um posto de rotação de corredeiras (que será referido mais à frente) e uma célula laser, onde dois robôs sustentam um posto de Soldadura Laser.

As GAP's de Soldadura são constituídas por robôs de Soldadura MAG, onde o operador monta as peças na ferramenta e esta vai para dentro soldar. A maior parte destes robôs estão programados para fazer diferentes ciclos de soldadura, isto é, soldam mais do que um conjunto de peças diferentes.

Os subconjuntos que resultam da Soldadura são colocados em suportes para seguirem para a Pintura, sendo levados em carros apropriados, e são depois transportados até ao início da linha de Montagem.

Nas GAP's de Montagem, ocorre essencialmente a montagem das estruturas resultantes das GAP's de Soldadura e das Preparatórias, onde a estrutura metálica do banco é transportada em paletes específicas ao longo da linha, e estas paletes sustentam o produto durante todas as operações de montagem. Neste caso, começa-se por montar as corredeiras nas paletes, depois o

assento e o encosto, e ao longo da linha, vão-se adicionando as respetivas partes da estrutura do banco, como os cintos, cabos elétricos (no caso de bancos elétricos) e outras peças, dando origem ao banco final. A montagem do banco baseia-se essencialmente em processos de aparafusamento e rebitagem, nomeadamente, rebitagem Lockbolt.

#### **5.4. Processos base da Produção (noção teórica)**

Como referido anteriormente, o processo produtivo baseia-se essencialmente em operações de soldadura e montagem. Para melhor entender a análise da informação que sucede neste trabalho, é fundamental perceber quais são os principais tipos de soldadura que existem na fábrica e os diferentes tipos de rebitagem que podem ser utilizados, para além de perceber a importância do aparafusamento.

##### **5.4.1. A Soldadura**

No fundo, a soldadura é um processo complexo, por depender de muitos parâmetros que influenciam o resultado final. Mas, de forma simples, tem como objetivo unir componentes, de modo a que esta ligação seja permanente. A razão fundamental de utilizar este processo baseia-se na ideia real de que, se dois materiais forem aproximados de tal forma que as partículas constituintes se encontrem a uma distância que permita que a força de atração entre elas se faça sentir com intensidade suficiente, as partículas têm tendência para continuar a aproximar-se e, por isso, dá-se a união, isto é, ocorre soldadura.

##### **5.4.2. Tipos de Soldadura**

A mais comum de todas é a Soldadura MIG/MAG, em que se dá a fusão do material de adição e do material de base por ação do calor transferido através de um arco elétrico. O fio de alimentação (material de adição) cai gota a gota, sendo este processo muito rápido. Ocorre o fenómeno de curto-circuito sucessivamente, à medida que o fio de alimentação é depositado no banho de fusão, formando-se o cordão de soldadura (Figura 33).

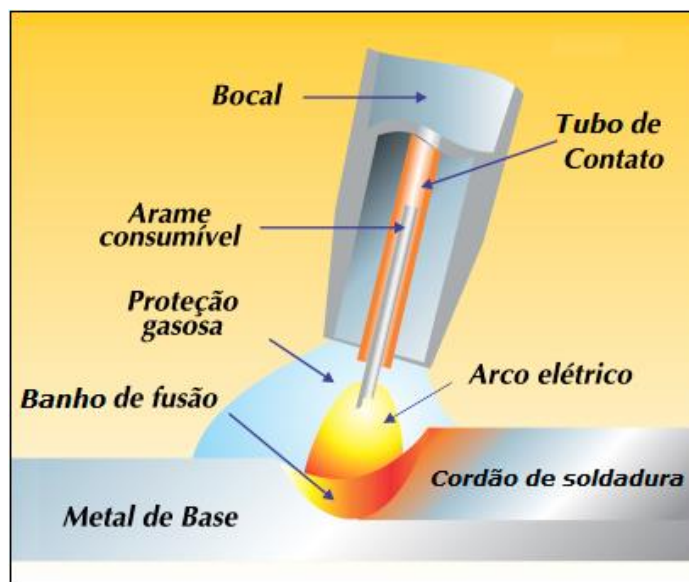


Figura 33 - Ilustração do processo de Soldadura MIG/MAG [Adaptado de (Gastolin, 2017)].

O material é fundido por ação da temperatura, e o arame consumível (fio de alimentação) e o banho de fusão em contacto com o material metálico são protegidos da atmosfera envolvente por um gás. Este gás de proteção pode ser inerte (*MIG – Metal Inert Gas*), constituído por Árgon e/ou Hélio, ou ativo (*MAG – Metal Active Gas*), constituído por uma mistura de Árgon com CO<sub>2</sub> e/ou O<sub>2</sub>. Mais concretamente, o gás de proteção impede que as partículas constituintes do banho reajam com o ar ambiente. Caso esta proteção não existisse, a reação do banho com o ar da atmosfera envolvente tornaria o arco elétrico e o banho instáveis, diminuindo consequentemente a qualidade da solda.

O procedimento referido anteriormente descreve a Soldadura MAG convencional. No entanto, existe uma variante desta: a Soldadura MAG CMT (*Cold Metal Transfer*).

De forma simples, no processo MAG convencional, o fio de alimentação avança continuamente para a frente, ao passo que no MAG CMT o fio de alimentação cai gota a gota, fazendo um movimento de avanço e recuo (quando a gota cai). Este sistema (CMT) fornece uma velocidade de saída do fio mais estável, permitindo uma penetração de soldadura<sup>13</sup> mais uniforme. Simultaneamente, a intensidade da corrente e a tensão do arco elétrico são mais baixas (a entrada de calor é menor), e as sucessivas descargas elétricas (curtos-circuitos) são mais estáveis e controladas.

É importante referir que a designação “*Cold*”, de “frio”, poderá dever-se apenas ao facto de a entrada de calor ser menor, uma vez que a corrente elétrica é mais baixa. Mas, de “frio”, o processo não tem nada.

Se se quiser ir mais ao pormenor, pode referir-se que, na soldadura convencional, o fio de alimentação move-se em direção ao material a soldar até que ocorra o curto-circuito (neste

<sup>13</sup> Penetração de Soldadura – parâmetro de soldadura; indica a profundidade da solda, isto é, a distância em corte desde a superfície interna da chapa (lado do cordão) até à extremidade paralela da zona termicamente afetada.

momento, atinge-se um pico de energia, e dá-se um impulso de corrente para destacar a gota), ao passo que, na CMT, quando o fio se aproxima do banho, o arco elétrico extingue-se, e o fio de alimentação recua para destacar mais facilmente a gota.

Durante o processo, a velocidade de fusão do fio e a velocidade com que este se move em direção ao material a soldar têm obrigatoriamente de estar em equilíbrio para que o processo funcione e, quanto maior for este equilíbrio, mais contínuo e estável vai ser o processo. A nível industrial, normalmente, estas duas velocidades não se distinguem, pois, os equipamentos já vêm preparados para respeitar este ponto-chave do processo.

Por outro lado, há a relação entre a velocidade de avanço de fio e a velocidade de deslocamento da tocha (movimento proporcionado pelo operador, ou pelo braço da máquina, no caso de soldadura robotizada). Estas duas velocidades têm também de estar em equilíbrio e, se isto não estiver a acontecer, a soldadura pode ser afetada.

Deve ainda referir-se que a soldadura gota a gota por curto-circuito que se refere é apenas um dos três principais tipos de processos de transferência do material de adição. Estes tipos de processo indicam o tipo de transferência em função do modo como o material é transferido para o banho. O mais comum é por curto-circuito, em que a transferência se dá gota a gota, por destacamento da gota a cada impulso elétrico. A soldadura pode ainda ser por transferência globular, em que o material é também transferido gota a gota mas, neste caso, destacam-se gotas de grande dimensão (superior ao diâmetro do fio de adição). Por fim, existe ainda o modo de transferência em *spray* (ou chuveiro), em que o material é transferido para o banho tipo chuveiro, sendo a mais estável de todas. Qualquer destes tipos de transferência têm a ver com a forma como a gota se destaca a cair no momento em que o material se aproxima do banho, e isto tem muito a ver também com a intensidade da corrente que é aplicada.

Outro tipo de soldadura é a Soldadura de Pontos por Resistência (SPR) ou, do inglês, *Resistance Spot Welding (RSW)* (Figura 34).

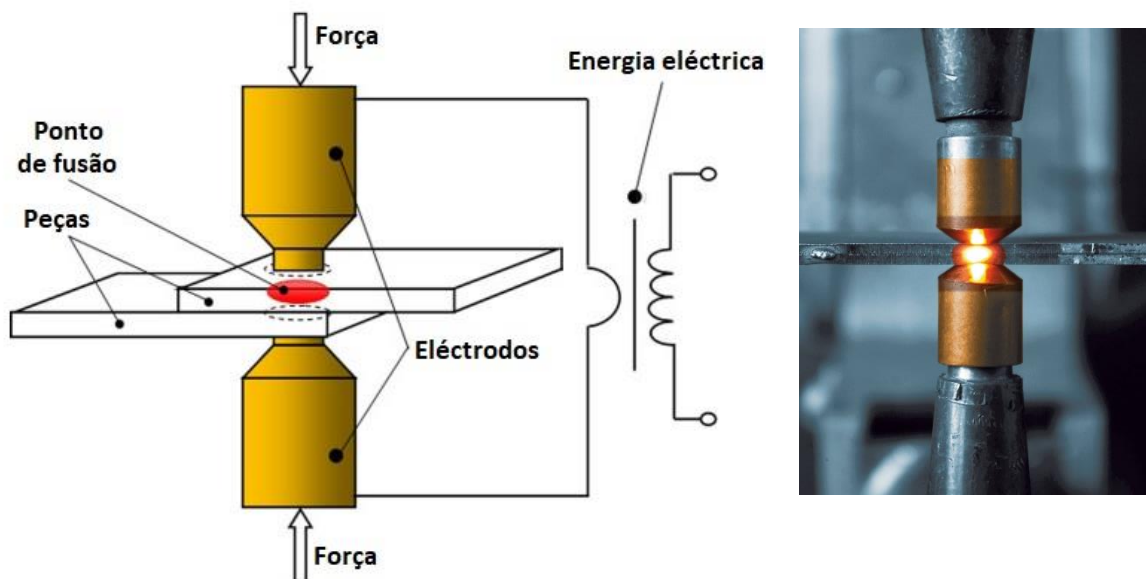


Figura 34 - Soldadura de Pontos por Resistência (SPR) [Adaptado de (Luo, Rui, Xie, & Zhu, 2016) e (México)].

De forma genérica, na Soldadura SPR, dois eléctrodos encostam nas peças metálicas a unir, e cria-se um arco eléctrico que permite a solda. Os eléctrodos exercem pressão nos pontos de contato das superfícies de metal que se pretendem unir, e transferem uma corrente eléctrica, de tal forma que a energia atravessa o material nesse ponto com uma intensidade suficiente para derreter e fundir o metal, proporcionando a união dos materiais. Por ação da grande concentração de energia na zona a unir, as partículas das superfícies dos dois materiais, após fundirem, atraem-se fortemente pelo contacto, e a elevada intensidade de energia que se cria concentra-se nessa zona de forma suficientemente rápida a ponto de, durante a solda, não haver aquecimento excessivo do restante material. A união das peças corresponde ao ponto onde existe maior resistência eléctrica, ocorrendo o efeito Joule.

Quando se pretende uma solda mais fina e profunda, em zonas de mais difícil acesso ou em peças mais finas, recorre-se à Soldadura a Laser (do inglês, *Laser Beam Welding - LBW*) (Figura 35).



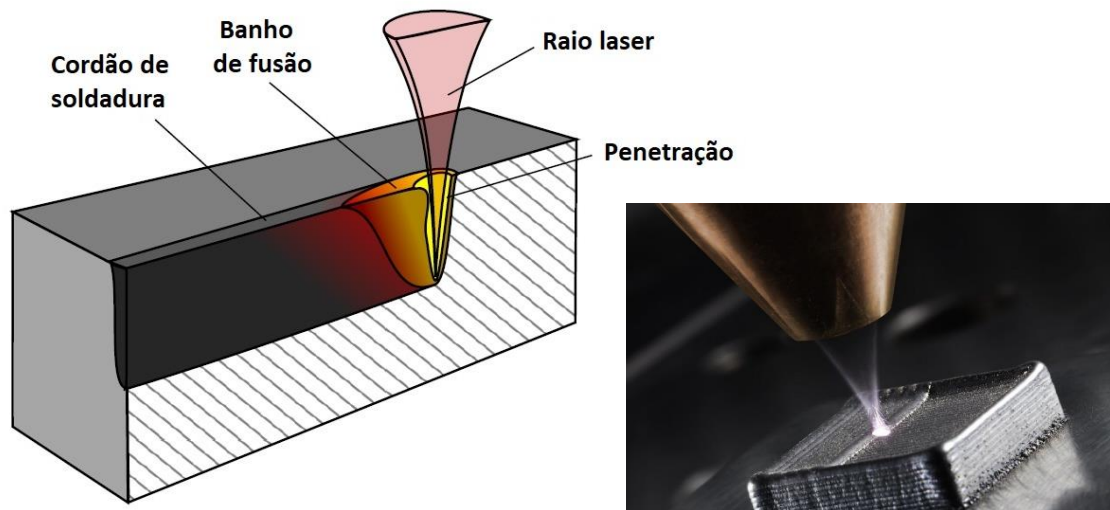


Figura 35 - Soldadura Laser [Adaptado de (IONIX, LASER WELDING, s.d.)].

Neste processo de soldadura, ainda que nalguns casos se utilize material de adição em conjunto com a ação do laser, o mais comum é este tipo de soldadura caracterizar-se por inexistência de material de adição, contrariamente ao que acontece no caso das anteriores, em que a solda se dá através de um arco elétrico. Desde logo, por esta razão, a probabilidade de ocorrerem projeções e contaminações na peça é menor.

Fundamentalmente, a energia do laser funciona como fonte de calor, e a radiação intensa que se proporciona funde os materiais na zona específica a ser soldada, que se unem por ação das forças de atração que se fazem sentir. A concentração de energia gerada é tal que a zona afetada termicamente é menor, e o cordão de soldadura resultante possui menor espessura (é mais fino) e melhor acabamento.

Na Soldadura *Laser* com adição de material (processo híbrido que utiliza juntamente os conceitos de Soldadura MAG e Soldadura Laser) (Figura 36), da mesma forma, a energia do *laser* funciona como fonte de calor; o fio de alimentação é colocado sobre o local a ser soldado e a radiação derrete o fio (material de adição) e o material da superfície, unindo-os como uma solda.

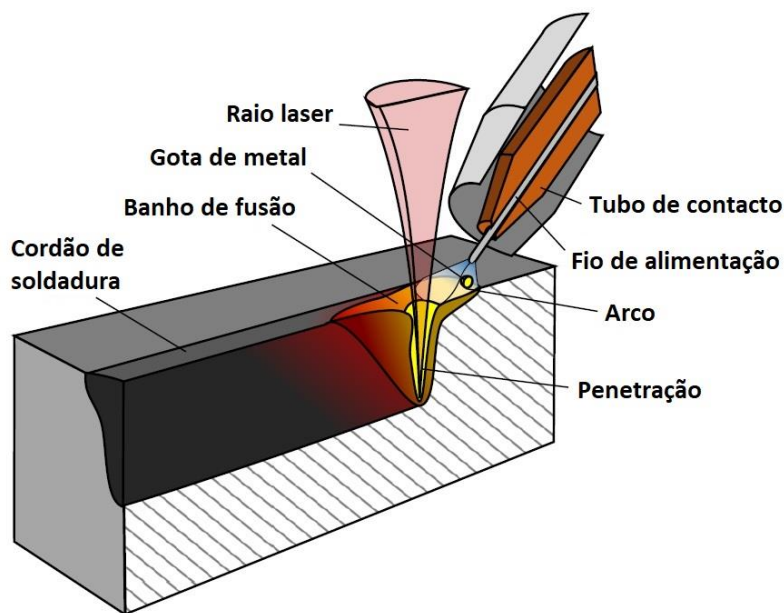


Figura 36 - Soldadura Laser com adição de material [Adaptado de (IONIX, HYBRID LASER WELDING, s.d.)].

A figura seguinte (Figura 37) ilustra a diferença dos tipos de solda que se formam comparando a Soldadura MAG com a Soldadura Laser e com o processo híbrido.

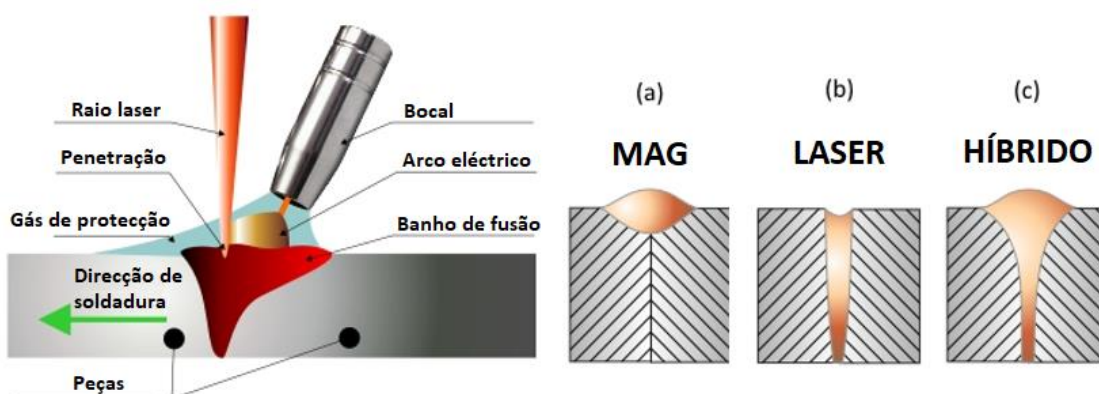


Figura 37 - Comparação dos resultados dos diferentes processos de soldadura: a) Soldadura MAG, b) Soldadura Laser, c) Soldadura Híbrida [Adaptado de (EAGLE)].

Através da imagem, tem-se uma melhor noção das diferenças, podendo observar-se o aspeto da união em corte transversal para os três casos. Na Soldadura MAG a solda é mais superficial, enquanto na Laser é muito mais profunda. Com um bom controlo dos parâmetros de soldadura, um processo híbrido (em que persistem ambas as técnicas) pode ser vantajoso, já que permite obter uma boa profundidade (penetração) da solda e, simultaneamente, uma solda mais saliente (superficial), o que torna a soldadura mais consistente, se se conseguir a mesma uniformidade em toda a zona de união.

A grande desvantagem inicial da Soldadura Laser é o custo do equipamento, que é muito mais elevado comparativamente aos outros tipos de soldadura. Por outro lado, a rapidez do processo é tal que, por vezes, pode provocar cordões porosos, para além de que a elevada reflexão de luz pode afetar o próprio equipamento.

#### **5.4.3. Ferramentas usuais de soldadura**

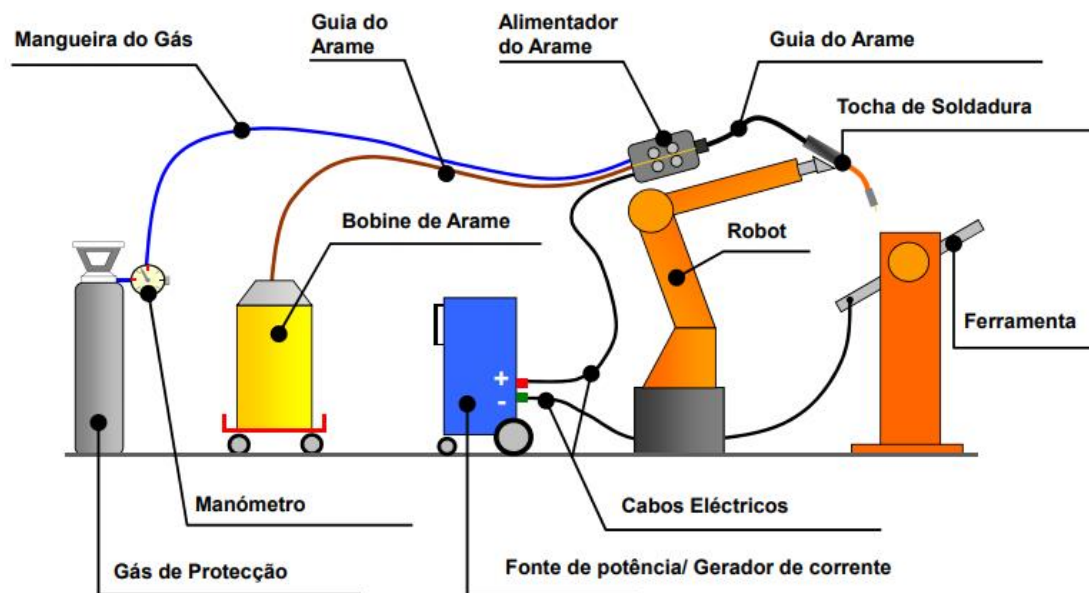
Para se poder soldar manualmente é necessário um conjunto de ferramentas fundamentais que estejam interligadas entre si de modo a ser possível o processo. A Figura 38 ilustra os componentes base do equipamento num processo de soldadura manual.



**Figura 38 - Componentes base do equipamento num processo de soldadura manual [Adaptado de (Oerlikon, 2018)].**

A nível industrial, os processos de soldadura são normalmente robotizados.

A Figura 39 ilustra os componentes gerais da ferramenta nestes casos.



**Figura 39 - Componentes base da ferramenta num processo de soldadura robotizada [Adaptado de Documentação interna da Empresa].**

Neste caso, a ferramenta é o robô em conjunto com a mesa de rotação onde são montadas as peças a soldar.

Como é perceptível, na soldadura, são muitos os parâmetros que influenciam o resultado final. Alguns dos parâmetros variam de acordo com o tipo de soldadura utilizada mas, de um modo geral, podem referir-se os parâmetros principais para a qualidade da soldadura como sendo:

- Intensidade da corrente eléctrica que alimenta o processo (quanto maior a resistência de soldadura, maior a corrente eléctrica necessária);
- Tensão do arco eléctrico (comprimento do arco);
- Resistência eléctrica (no caso da Soldadura SPR);
- Diâmetro do fio de alimentação da solda (material de adição);
- Tipo de material de adição (a sua constituição deve ser o mais semelhante possível à do material a soldar);
- Velocidade a que o fio de alimentação é debitado;
- Velocidade de fusão do material de adição;
- Velocidade de deslocamento da tocha (velocidade a que o robô ou o operador está a soldar);
- Orientação/direção da tocha;
- Tipo de gás de protecção utilizado.

É perceptível que umas variáveis dependem diretamente das outras e o controlo bem monitorizado de todos estes parâmetros é que permite a melhor qualidade da solda.

Existem ainda outras variantes de soldadura, nomeadamente, soldaduras por pressão, em que a coesão e união entre as partículas dá-se no estado sólido. Mas podem referir-se as anteriores como as principais, sendo todas elas soldaduras por fusão, em que a união ocorre no estado líquido.

#### **5.4.4. A Rebitagem**

Tal como a soldadura, a rebitagem tem como função unir peças, ainda que seja um processo bastante diferente e que não requer o mesmo nível de fixação que a soldadura fornece. Ainda assim, da mesma forma que o processo de Soldadura, baseia-se num conjunto de variáveis que suscitam o interesse em obter conhecimento e compreender o seu funcionamento.

#### **5.4.5. Tipos de Rebitagem**

No geral, podem considerar-se três tipos diferentes de rebitagem utilizados na fábrica. Qualquer que seja o processo, a rebitagem é feita normalmente por sistema hidráulico ou pneumático, através de uma pistola de óleo ou ar comprimido, respetivamente. O tipo de rebitagem é essencialmente definido pelo tipo de rebite e pela pressão que é necessário aplicar para rebitar as peças em causa.

O processo mais primordial é a Rebitagem Orbital (Figura 40).

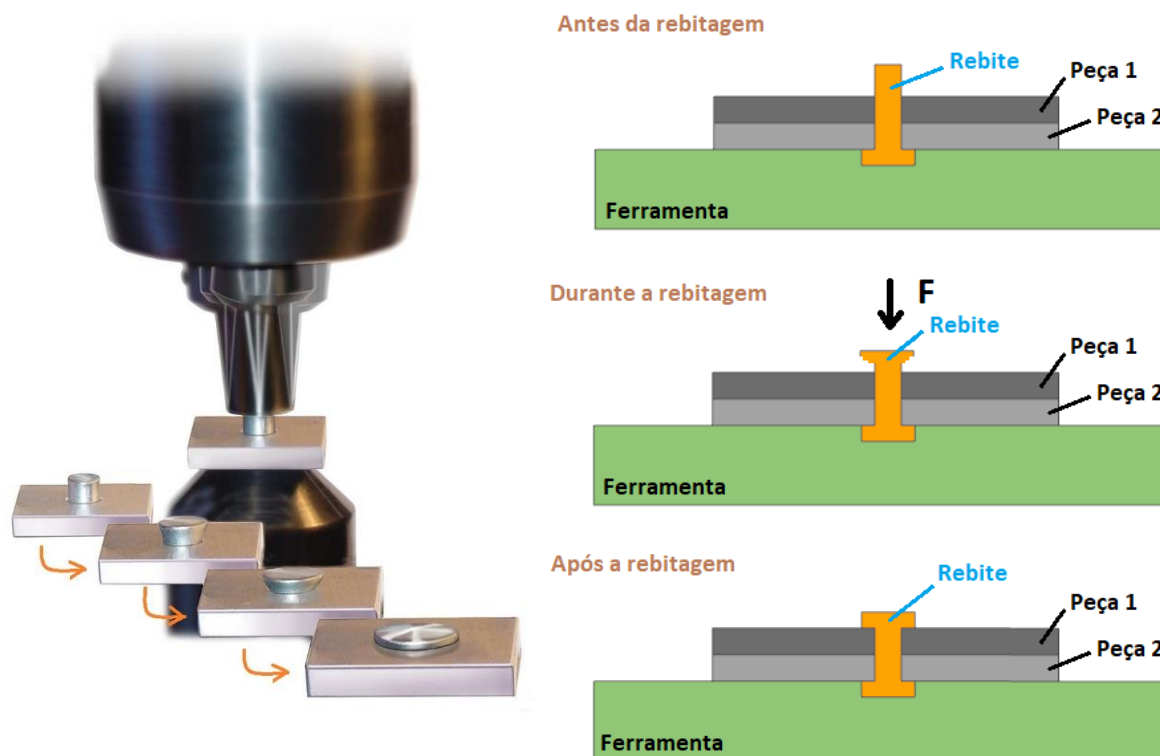


Figura 40 - Rebiteagem Orbital [Adaptado de (Commons, 2017)].

A Rebiteagem Orbital deriva do processo primitivo de Rebiteagem por Impacto, em que é feito um furo que atravessa a zona dos materiais que se pretende unir, colocando um rebite nesse furo, com a cabeça posicionada na parte inferior; os materiais são fixos numa ferramenta e, com um martelo, bate-se no rebite e o corpo deste deforma-se pelo impacto, fixando as duas chapas por ação da moldação do rebite à superfície do material. A pressão exercida no rebite é suficiente para que este se molde a frio (por esmagamento), formando-se uma espécie de segunda cabeça do rebite na parte superior, que permite unir os dois materiais um ao outro.

A Rebiteagem Orbital baseia-se no mesmo princípio da Rebiteagem por Impacto, com a diferença de que a pressão que é exercida sobre o rebite é, como o próprio nome indica, orbital, isto é, a ferramenta base possui um punção ligado a um fuso que, ao descer em direção ao rebite, exerce uma pressão angular, capaz de moldar o rebite de forma mais homogênea à medida que ocorre o seu achatamento, dando-lhe um melhor acabamento.

O punção avança no sentido descendente e encaixa no rebite, girando através do fuso com um ângulo aproximado de 3 a 6 graus em relação ao eixo vertical, proporcionando um movimento em forma de cone (Figura 41).

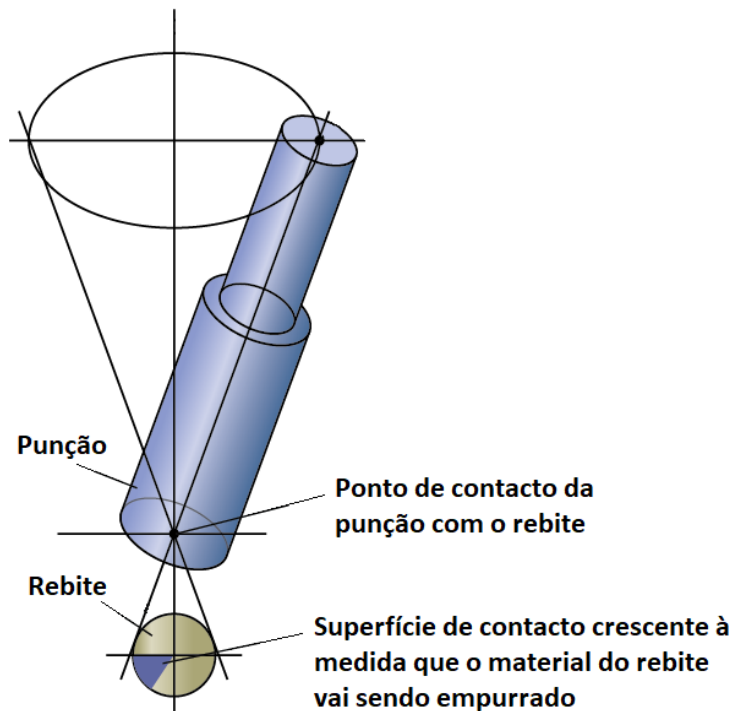


Figura 41 - Movimento giratório do punção em direção ao rebite [Adaptado de (Mraz, 2016)].

Quando o punção entra em contacto com o rebite, exerce pressão na área restrita pelo ângulo pré-definido e move o material do rebite progressivamente, conferindo-lhe a nova forma. Durante o processo, a área de contacto entre a ferramenta e o rebite deve manter-se constante, para que diminua o atrito da superfície a obter. Para tal, as peças a unir têm de permanecer fixas e estáveis, sem que ocorra deslizamento lateral do material durante a sua deformação.

O tempo de moldação do rebite depende da dureza do material constituinte do rebite e da área de contacto que se estabelece, sendo que a área de contacto é dependente do diâmetro do rebite. Quanto menores forem estas variáveis, mais rápido se torna o processo.

Por outro lado, com o movimento orbital do fuso, as forças de compressão que é necessário aplicar são muito menores comparativamente à rebiteagem por impacto (estimando-se em cerca de 80 % mais baixas). Como tal, a pressão exercida não chega a exceder a resistência do corpo do rebite e, por isso, o material do rebite é comprimido sem que este entorte ou fique empenado, permitindo obter uma geometria muito mais suave.

Por outro lado, a Rebiteagem Orbital é sempre baseada num sistema hidráulico, uma vez que um processo pneumático não consegue fornecer a pressão necessária para concretizar este processo.

Outro tipo de rebiteagem, que é comumente utilizada, é a Rebiteagem POP. Esta rebiteagem utiliza rebites cegos, também designados de rebites de repuxo, mas mais conhecidos por rebites POP, sendo “POP” o nome dado pela marca fabricante original, devido ao som “*popping*” que faz aquando do processo (Figura 42).



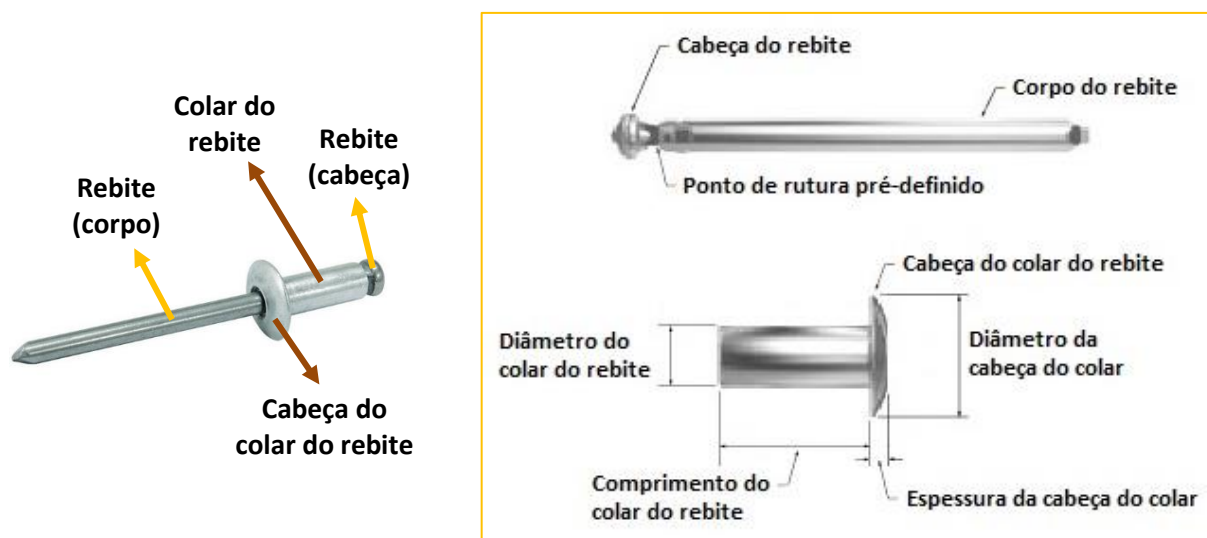


Figura 42 - Rebite POP [Adaptado de (Ideal) e (EMHART TEKNOLOGIES)].

Ainda que possa ser utilizado também noutras situações, este tipo de rebite é a solução ideal quando só um dos lados das peças a unir é acessível, daí o nome de “cego”, quando não se consegue ver o lado da cabeça do rebite (lado cego).

É previamente feito um furo nas peças a unir, de modo a que, no momento da rebiteagem, as duas peças estejam corretamente alinhadas. A nível industrial, qualquer que seja o tipo de rebiteagem, a execução dos furos é pré-definida na fase de projeto das próprias peças, para que posteriormente os furos se encontrem coincidentes no momento da sua união. Os furos têm necessariamente de estar corretamente projetados para se obter uma rebiteagem de boa qualidade.

O processo de Rebiteagem POP pode ilustrar-se através da figura seguinte (Figura 43).

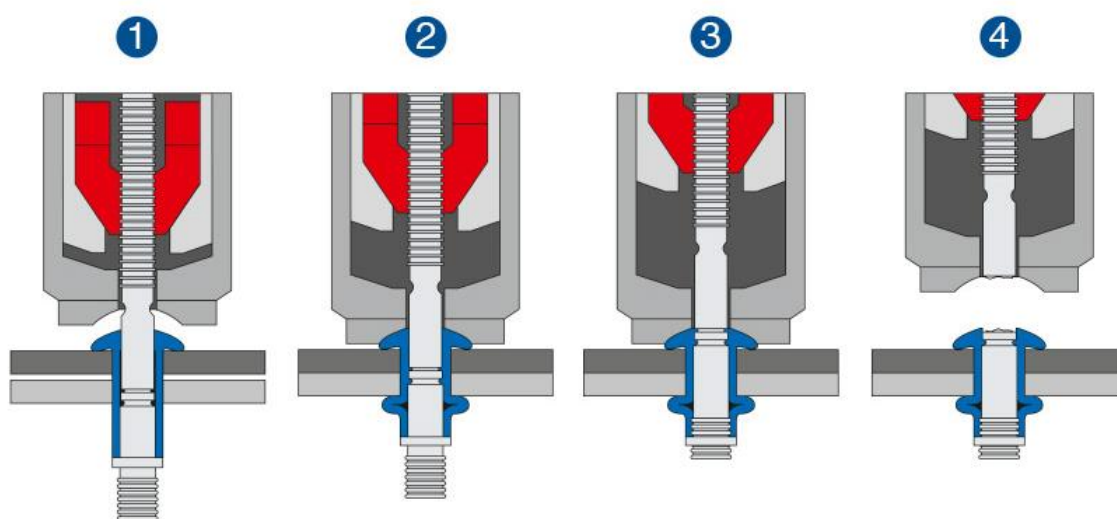


Figura 43 - Ilustração do processo de Rebiteagem POP [Fonte: (Bollhoff, 2018)].



Primeiramente, o rebite é inserido no furo que define a zona de fixação das peças. O rebite deve atravessar o furo até que a cabeça do colar encoste na superfície do conjunto a unir. A ferramenta é posicionada sobre o corpo do rebite, de modo a ficar encostada à cabeça do colar. Depois, a ferramenta é acionada, exercendo uma força de repuxo, através das garras por que é constituída (ilustradas a vermelho na figura anterior). O corpo do rebite é então puxado mecanicamente pela pressão exercida pelas garras da pistola e, inicia-se a deformação do colar, do lado cego do rebite. À medida que o corpo do rebite é puxado, o colar é deformado pela cabeça do rebite, até se atingir a rutura (quando o corpo do rebite parte), formando-se uma espécie de segunda cabeça do colar. O colar é deformado pela cabeça do rebite, já que, até o rebite partir, a força que a cabeça do rebite exerce sobre o colar é constantemente superior à resistência do colar.

A força que puxa o rebite no sentido da ferramenta é superior à resistência do rebite na zona de rutura (onde o corpo do rebite é mais estreito), e simultaneamente inferior à resistência da cabeça do rebite até se dar a rutura. Desta forma, a união estabelece-se por meio da deformação do colar, que cessa quando o rebite parte, dando-se a rebitagem por concluída. Após a rutura, no caso de o processo ser realizado através de uma pistola (por sistema hidráulico ou pneumático), a porção de rebite que parte (sobra do rebite) é puxada por sucção para não cair, ficando retida numa espécie de depósito da pistola (normalmente, a pistola possui um saco acoplado ou um depósito metálico constituinte).

A nível industrial, a operação é normalmente executada através de uma pistola hidráulica ou pneumática, que faz a rebitagem com um só disparo, tornando o processo bastante rápido. No caso de a rebitagem não ser sustentada por sistema hidráulico ou pneumático, é utilizada uma rebitadora manual (Figura 44), sendo o processo mais lento.



Figura 44 - Rebitadora manual [Adaptado de (LojadoMecanico) e (Tools)].

A Rebitagem POP torna-se então um método de fixação eficaz, na medida em que permite a fixação das peças sem ter acesso a um dos lados do conjunto, e tendo em conta que a fixação fica garantida pela deformação do colar.

Outro tipo de rebitagem que fornece uma fixação bastante resistente é a Rebitagem Lockbolt.

Este processo é de certa forma semelhante à Rebitagem POP, na medida em que o rebite também parte. Por outro lado, também utiliza um colar, mas este é um componente independente, que é depois empregue no rebite, ao contrário do que acontece com o rebite POP, em que o colar faz parte do próprio rebite (Figura 45).



Figura 45 - Exemplo de conjunto de fixação Lockbolt (rebite + colar) [Adaptado de (dzbzj.com)].

A figura seguinte (Figura 46) ilustra o processo de Rebitagem Lockbolt.

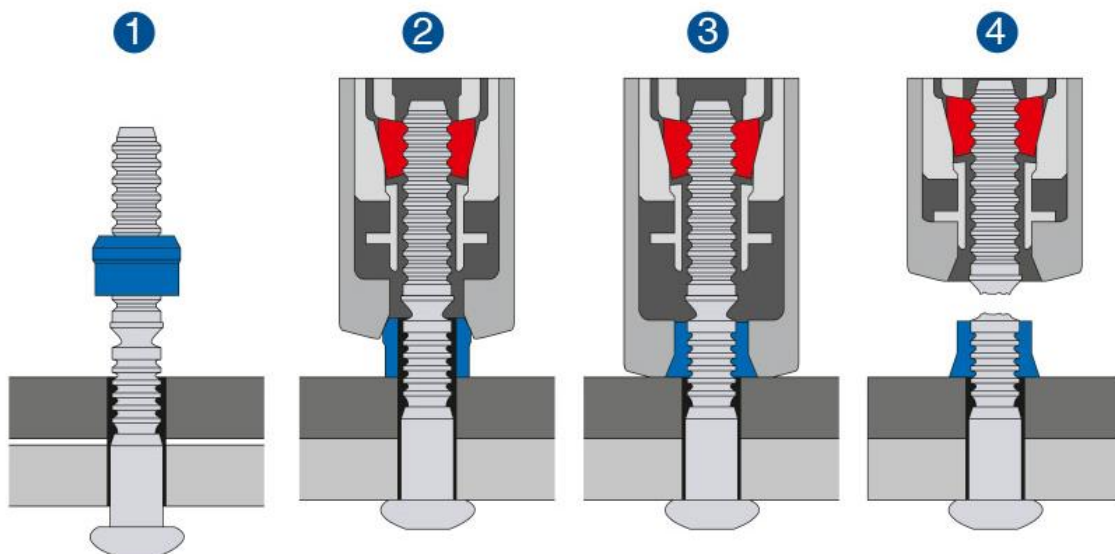


Figura 46 - Ilustração do processo de Rebitagem Lockbolt [Fonte: (Bollhoff, 2018)].

Após as peças estarem alinhadas pelo furo que define a zona de união, o rebite é colocado no furo pelo lado oposto ao da ferramenta, atravessando as peças. Depois, do lado da ferramenta, o colar é inserido no corpo do rebite. Posiciona-se a ferramenta (pistola *lockbolt*) sobre o rebite,

inserindo o corpo do rebite no interior da pistola, até esta encostar ao colar, sendo de seguida acionada.

A pistola puxa o rebite para si ao mesmo tempo que empurra o colar no sentido oposto, exercendo pressão na cabeça do rebite, que sofre uma força contra o conjunto (material a unir), e o colar é igualmente empurrado contra as peças, no sentido contrário. A pressão que se exerce aumenta e o colar deforma-se, até que o rebite parte, dando-se por completa a rebitagem.

Quando a pistola puxa o rebite, a cabeça do rebite permanece encostada ao conjunto durante a deformação do colar e até ser concluída a rebitagem, por ação da força de tração da ferramenta sobre o rebite. O facto de a cabeça do rebite permanecer encostada ao conjunto é importante para a qualidade do resultado final.

O gatilho da pistola puxa o rebite até que a deformação esteja completa e o rebite parta. A deformação cessa pelo travamento da própria estrutura do colar, já que o rebite parte após se atingir a compressão máxima do material do colar. O rebite e o colar são projetados, de modo a que, no fim, a zona de rutura do rebite esteja nivelada com a extremidade do colar. Deste modo, a rutura do rebite dá-se numa zona pré-definida, onde a sua espessura é menor e, portanto, menos resistente.

Tal como na Rebitagem POP, a porção de rebite que parte fica retida no depósito da pistola através da sucção que é realizada para tal. A nível industrial, as sobras de rebite podem ser contadas posteriormente, para controlo do número de rebites gastos pela empresa, como acontece na fábrica em questão.

A razão pela qual este processo oferece forte resistência de fixação das peças está na deformação do colar. Esta deformação consiste na moldação deste às ranhuras do rebite, ou seja, o material do colar é inserido nestas ranhuras, tendo em conta que o colar tem inicialmente uma superfície interna lisa, para permitir que a sua moldação seja o mais harmoniosa possível com a forma do rebite. Isto permite obter uma fixação permanente, uma vez que, desta forma, o rebite fica bloqueado mecanicamente.

Esta rebitagem difere da POP também na posição do colar, que é deformado do lado da ferramenta, ficando à superfície do conjunto, enquanto na POP o colar é deformado no lado oposto, atravessando as peças intrinsecamente.

No caso de ser necessário rebitar vários pontos da mesma estrutura, os rebites e os colares devem ser corretamente posicionados nos pontos de fixação pretendidos e, para evitar que os colares percam a eficácia da sua função, não deve existir nenhum movimento ou deslizamento das peças antes da sequência de rebitagem estar concluída, isto é, a estrutura deve manter-se fixa enquanto os pontos a unir não forem todos rebitados. Isto aplica-se a qualquer tipo de rebitagem sempre que exista mais do que um ponto de fixação a rebitar.

#### **5.4.6. Ferramentas usuais de rebitagem**

No geral, em qualquer um dos tipos de rebitagem, a rebitagem pode ser sustentada por um sistema pneumático (através de ar comprimido) ou hidráulico (recorrendo mais usualmente a

óleo comprimido, ainda que também se possa utilizar água), com recurso a uma pistola. Por exemplo, no caso da fábrica, utiliza-se normalmente o sistema pneumático para a Rebitagem POP e um sistema hidráulico para a Rebitagem Lockbolt. A pistola (pneumática ou hidráulica) é constituída por um nariz, que protege no seu interior as garras que vão exercer a pressão suficiente no rebite, para que este se deforme, partindo de seguida.

Através da Figura 47 é possível ter uma ideia da constituição fundamental do mecanismo de uma pistola.

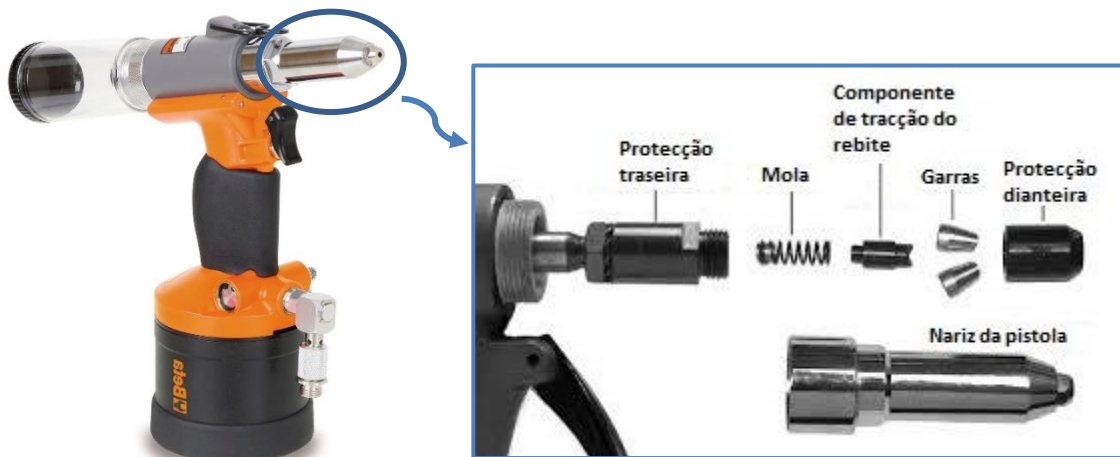


Figura 47 - Constituintes gerais da pistola de rebitagem [Adaptado de (Beta-Werkzeuge.de) e (JET, 2015)].

Neste caso, a figura mostra a desagregação de uma pistola de Rebitagem POP, mas a constituição fundamental de uma pistola Lockbolt baseia-se no mesmo conceito, tal como uma rebitadora POP manual (Figura 48).

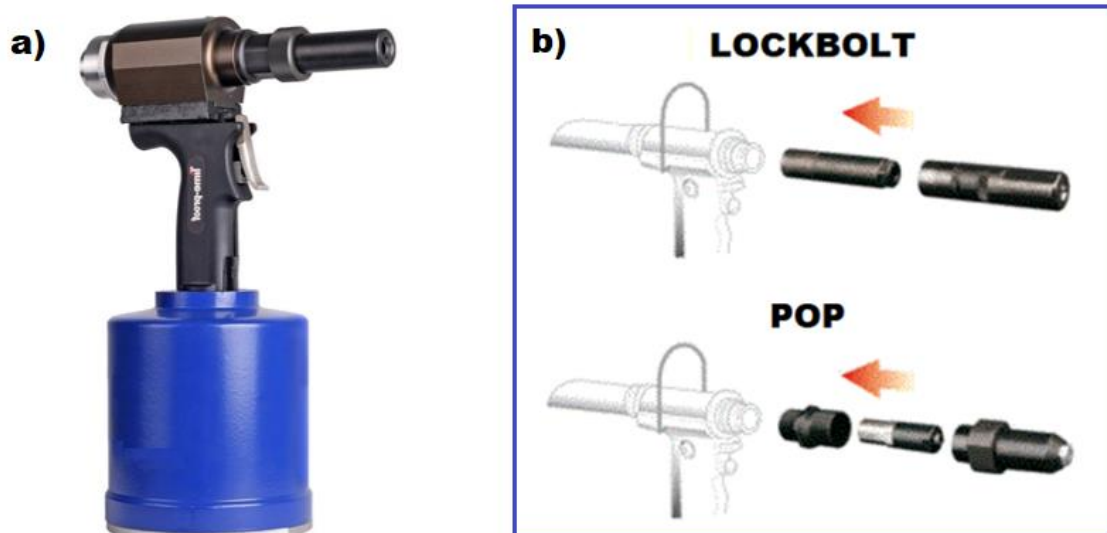


Figura 48 - Mecanismo de pistola de rebiteagem: a) Pistola Lockbolt; b) Comparação da estrutura fundamental das pistolas Lockbolt e POP [Adaptado de (Alibaba.com) e (Tools M. A., 2018)].

Apesar da fisionomia estrutural entre a POP e a Lockbolt ser diferente, obedece à constituição fundamental do nariz (proteção) e garras, sendo que as garras são o elemento base que vai exercer pressão no rebite e permitir puxá-lo até partir, ao mesmo tempo que o componente de tração exerce força no sentido contrário para que o colar se molde à união das peças.

No entanto, na Rebitagem POP, o rebite pode ser colocado com uma pistola (sistema hidráulico ou pneumático) ou utilizando uma rebitadora manual, ao passo que, a Rebitagem Lockbolt é feita sempre com recurso a uma pistola.

A Rebitagem Lockbolt não se faz manualmente, pois o processo requer a ação de pressões muito maiores do que as que seria possível exercer manualmente.

No caso da Rebitagem POP, a pressão necessária é normalmente menor, dado o tipo de rebite em causa e o tipo de peças que se pretendem rebitar.

Como tal, as pistolas pneumáticas exercem pressões menores em relação aos sistemas hidráulicos, que são mais potentes, exercendo mais pressão.

#### 5.4.7. O Aparafusamento

Também os processos de aparafusamento dependem de alguns parâmetros para se obter um bom resultado final na fixação de peças através de parafusos e porcas.

Sabe-se que o processo se baseia no estudo do Torque, variável que se entende como a força de aperto necessária para fixar um parafuso ou porca no material que se pretende unir, e que influencia e determina a qualidade da fixação. A nível industrial, controlar a qualidade do torque aplicado é difícil e tem grande impacto na qualidade do produto, na sua fiabilidade e na sua segurança.

No geral, o torque é a grandeza física que mede a intensidade de força que é necessário exercer sobre um determinado corpo para lhe provocar um movimento de rotação. É, no fundo, uma força de torção, sendo que o seu objetivo é criar uma força de tensão no elemento de fixação. O seu valor determina-se multiplicando a força exercida pela distância do ponto de aplicação da força até ao eixo de rotação, de acordo com a equação:

$$\text{Torque} = \text{Força} \times \text{distância} \quad (6.)$$

Pode dar-se o velho exemplo da porta para explicar porque é que, quanto maior é a distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação, menor é a força tangencial que é necessário exercer para fazer com que esta se mova (Figura 49).

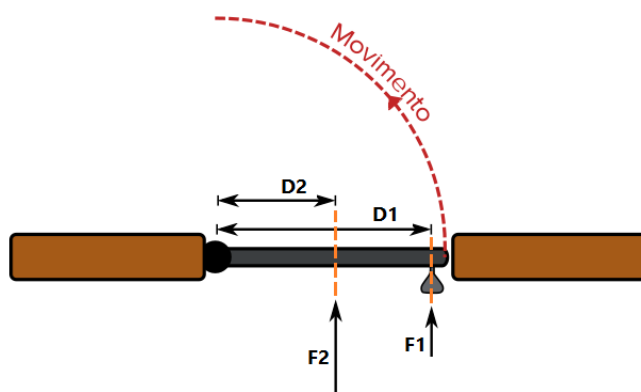
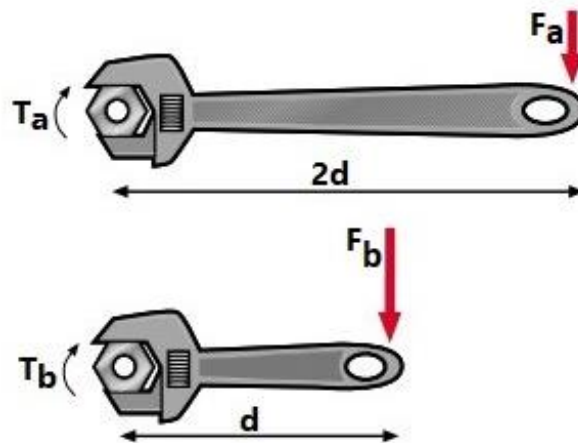


Figura 49 - Ilustração do torque aplicado ao movimento de uma porta [Adaptado de (Academy, 2016)].

É comum termos a percepção de que, se exercermos força numa zona da porta mais próxima do seu eixo de rotação (ou seja, mais próximo das dobradiças, neste caso), é necessário fazer uma força muito maior para a mover do que se exercermos força numa zona mais distante (ou seja, mais perto do puxador). Isto não é mais do que a explicação base do torque, já que, o torque gerado é o resultado da força exercida numa determinada zona do objeto que se movimenta, e será tanto maior quanto maior for a força aplicada ou quanto maior for a distância dessa zona ao eixo de rotação, de acordo com a equação anterior.

No aparafusamento, pode alcançar-se o mesmo valor de torque com uma força menor se se aumentar a distância do parafuso/porca ao ponto de aplicação da força. Veja-se também o exemplo da utilização de uma chave de aperto (Figura 50).



**Figura 50 - Ilustração do torque aplicado ao movimento de aperto de uma porca ou parafuso [Adaptado de (Buen, 2016)].**

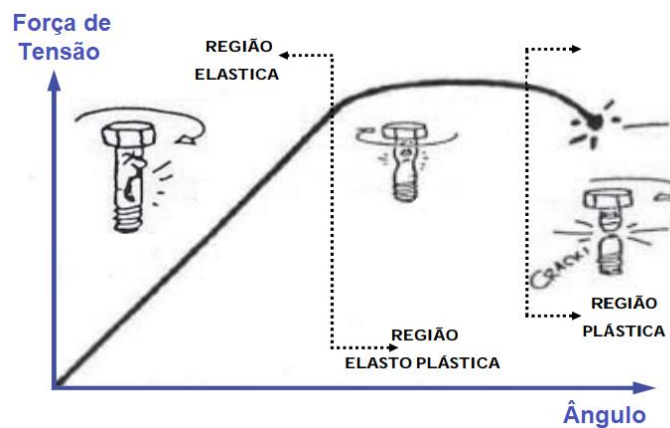
Se se exercer uma força na extremidade da chave com a haste mais comprida, é menor a força que é necessário aplicar do que exercendo força na extremidade de uma chave igual com uma haste mais curta, uma vez que, neste último caso, a distância do ponto de aplicação da força é menor em relação ao eixo de rotação. Comparando ambos os casos, se se diminuir a distância e aumentar a força na mesma proporção, está a aplicar-se o mesmo valor de torque.

Por outro lado, deve ter-se em atenção que o torque real aplicado ao parafuso varia se a posição da mão na chave também variar, já que desta forma pode variar a distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação. Este é outro dos fatores mais difíceis de controlar e que influenciam o resultado final do aparafusamento. Por esta razão, é preferível utilizar uma chave dinamométrica, que limita o valor de aperto, uniformizando a força aplicada a diferentes pontos de aperto que requeiram o mesmo torque.

No aparafusamento, à medida que o parafuso é apertado, as peças a fixar vão ficando cada vez mais juntas, até ao torque/aperto máximo. À medida que a força angular exercida (força de aperto) aumenta, o ângulo de deslocamento da rosca do parafuso também aumenta e, consequentemente, aumenta a tensão aplicada contra o corpo do parafuso. A tensão aplicada no material a unir é diretamente proporcional à força de aperto (força do torque) pois, quanto mais o parafuso roda, maior é o torque e maior é a tensão aplicada. A intensidade da tensão exercida sobre o parafuso não deve ser demasiado alta nem demasiado baixa, sendo determinada pelo torque aplicado.

Dependendo do parafuso em causa, cada parafuso possui propriedades mecânicas características em relação ao material por que é constituído. A Figura 51 ilustra uma curva que exemplifica de forma simples a relação da tensão aplicada no parafuso e a sua reação a esta.





**Figura 51 - Comportamento do parafuso à medida que a tensão e o ângulo de deslocamento da sua rosca aumentam [Adaptado de (Garcia, 2011)].**

De acordo com o gráfico, dependendo da sua resistência mecânica, em função da tensão que é exercida sobre si, o parafuso suporta diferentes valores de torque antes de sofrer deformação plástica (deformação irreversível, em que o material já não volta à sua forma inicial). Se o torque for tal, que o parafuso comece a deformar-se fisicamente, a união deixa de ser segura, pois o elemento de fixação já não tem a mesma eficiência e pode mesmo partir com as forças de tensão de aperto que se fazem sentir sobre si. Por esta razão, o valor de torque aplicado deve respeitar o intervalo de valores pré-definido pelo fabricante e, apenas se assim for, é garantido que o parafuso oferece boa eficiência de fixação e resistência à sua deformação.

Assim, compreende-se que o parafuso permanece constantemente sob tensão e tem de ser um elemento resistente à fadiga. Se a tensão/torque exercida sobre si for demasiado baixa, o parafuso pode vibrar ou soltar-se devido às folgas que se criam e, por outro lado, se for muito alta, o parafuso fica em esforço e pode partir. Por isso, cada parafuso tem um valor de torque pré-determinado para cada fixação onde vai ser aplicado, e este valor (normalmente traduzido num intervalo de valores restrito com uma tolerância aproximada) deve ser respeitado para que o produto final seja seguro e eficiente.

O objetivo do elemento de fixação é fixar as peças com uma tensão maior do que qualquer força externa que pudesse fazer com que se separassem. Para tal, a rosca do parafuso tem de manter uma influência elástica para poder equilibrar a tensão exercida com a sua integridade física. A resistência mecânica do parafuso deve ser suficiente para suportar a tensão para a qual o conjunto está projetado.

Contudo, é também importante referir que a força de tensão resultante que o parafuso sofre realmente é inferior à força exercida para que o parafuso se mova. Isto é, a tensão que se faz sentir contra a rosca do parafuso é a força real de união das peças, ligeiramente menor do que a força que é exercida na ferramenta utilizada para aparafusar, uma vez que existem forças de resistência contra o movimento do parafuso (Figura 52).



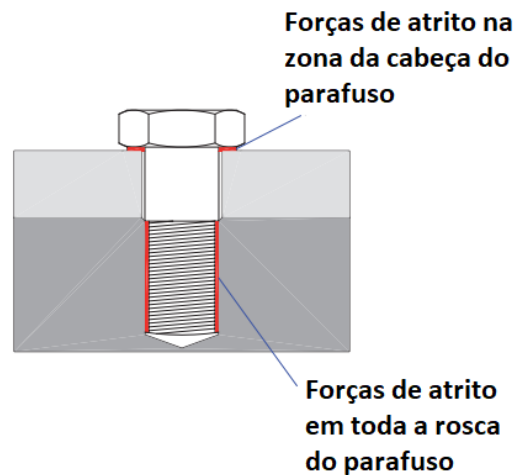


Figura 52 - Forças de atrito que oferecem resistência ao movimento do parafuso [Adaptado de Documentação interna da Empresa].

Como ilustra a figura, esta resistência ao aparafusamento é o atrito de contacto, existente na zona da cabeça do parafuso e na rosca, e que impede que, quando é aplicado um determinado torque ao parafuso, toda a força seja transferida para o parafuso. Deste modo, é perceptível que, quanto maior for o atrito, menor será a força de fixação resultante, pois a força real de união é a diferença entre a força inicial exercida e as forças de atrito existentes. Claro que o atrito depende do tipo de material do conjunto em causa, da rugosidade da sua superfície e também do seu grau de lubrificação.

Por todas estas razões é que é tão importante controlar o torque e, a nível industrial, quando este processo faz parte da produção, existe normalmente um controlador associado à aparafusadora, que pode indicar o torque que está a ser aplicado durante o aparafusamento, e que confirma se o valor do torque máximo não é excedido. A fiabilidade do aparafusamento depende então da tensão que se exerce sobre o elemento de fixação, e a sua intensidade só é regulada se houver um controlo do torque de aperto (que deve respeitar sempre a especificação do fabricante), não esquecendo que o torque pré-definido para um determinado aperto não deve ser, nem excedido, nem insuficiente.

Por último, em alguns casos, pode ser importante considerar-se a ordem de aparafusamento mais adequada: quando é necessário aparafusar uma peça em vários pontos, dependendo da estrutura da peça em causa, pode ser importante a sequência do aparafusamento, já que esta pode influenciar também o resultado final do produto.

#### 5.4.8. O Bushing

Na fábrica, o processo de *Bushing* é feito nas Preparatórias, apenas em algumas das peças, e em furos específicos da peça. Por esta razão, na Montagem, quando determinados pontos são rebitados, alguns deles podem conter *bushing*.

*Bushing* é uma espécie de bucha que serve para absorver o ruído no caso de encaixe de peças com folga, mais conhecida por anilha anti-ruído. Funciona como se fosse um colar que reveste toda a superfície interna do furo, diminuindo o diâmetro do furo, para posteriormente não existir ruído de encaixe devido à existência de folga. Geralmente, é uma anilha de compósitos de ligas metálicas, grafite, ou materiais plásticos, servindo normalmente para evitar o ruído entre componentes metálicos.

O processo de *Bushing* consiste precisamente em inserir essa anilha (ou bucha) em furos pré-definidos da peça para evitar que, posteriormente, na Montagem, a rebitagem de determinadas zonas provoque ruído aquando da sua execução.

## 6. Trabalho realizado na fábrica - Estudo de alguns dos parâmetros de gestão da Produção

Desde logo, é importante referir que o estágio se iniciou com cinco dias daquilo a que designam de “*Production Training*”: algo por que qualquer pessoa que venha trabalhar para a empresa (estagiário ou colaborador) tem obrigatoriamente de passar, independentemente da função que vai exercer. O “*Production Training*” são cinco dias em que a pessoa trabalha como operador num dos três turnos à escolha, ajudando a produção em alguns dos postos de trabalho mais simples, passando por algumas das GAP’s, para ter a noção do que é realmente o trabalho “no terreno”. Esta experiência inicial permitiu ter uma primeira visão geral de algumas das fases em que consiste o processo produtivo e, mais ainda, foi muito importante para dar valor ao trabalho dos operadores e perceber que não é fácil o seu trabalho diário.

Ao longo do estágio, trabalhou-se em diversas tarefas associadas à Produção, ajudando na melhoria da sua organização e gestão. O objetivo principal foi ajudar ao nível da Gestão da Manutenção, tornando mais eficaz a ligação da Manutenção com a respetiva UAP, através de várias ações de contribuição que permitissem melhorar esta gestão, nomeadamente:

1. Reformulação/elaboração de *Stantard’s* de Trabalho (SW) para atualização de documentos e para Manutenção Preventiva de determinadas ferramentas de postos/equipamentos que sustentam a linha de Produção;
2. Organização e planeamento da Manutenção Preventiva das paletes das linhas de Montagem;
3. Criação de *Stantard’s* (SW) para Transferência de Tarefas da Manutenção para a Produção ao nível de Manutenção Preventiva de 1º Nível e seguimento do processo de Transferência;
4. Análise das paragens ocorridas ao longo do tempo (para Manutenção Preventiva e Corretiva), através do registo dos dados da Manutenção, e participação nas reuniões semanais da UAP com a contribuição destes dados.

Para além do trabalho realizado no sentido de melhorar a eficácia da Manutenção Preventiva, fez-se ainda um estudo para tentar perceber a utilidade da máquina de rodagem das corredeiras, construindo-se um plano adequado para este estudo.

Nas seções seguintes abordam-se as tarefas principais desenvolvidas e que permitiram aumentar bastante o conhecimento e a perceção das necessidades de gestão associadas à Produção.

### 6.1. As Instruções de Trabalho - *Standard’s Work* (SW)

Como foi referido, a fábrica labora através de GAP’s (Grupos Autónomos de Produção) e, para serem isso mesmo (autónomos), um dos requisitos base que todas as GAP’s têm de ter é a utilização de recursos padrão e da máxima “standardização” na realização das tarefas e em tudo o que se baseiam. Tudo o que fazem e toda a base do seu trabalho deve ser *standard* para funcionar (é a regra geral). Os documentos *standard* são um dos recursos mais importantes para

se obterem bons resultados, já que visam servir de base aos procedimentos que as GAP's têm de realizar.

Uma das primeiras tarefas que foi solicitada foi precisamente a realização de Instruções de Trabalho, em inglês, “*Standard Work*”, que não são mais do que as instruções de trabalho que cada posto de trabalho tem de ter, para que o operador possa consultar a qualquer momento, caso tenha dúvidas sobre as tarefas que tem de realizar. Este documento é de extrema importância e tem de existir sempre, pois é a documentação base para o controlo das tarefas a executar num determinado posto de trabalho, e também um dos documentos chave em auditorias.

O *Standard* de Trabalho não é apenas um procedimento. É um documento que indica quais os tempos de execução das tarefas e a sua ordem, sendo o procedimento descrito com uma especificação adequada que indica a forma como devem ser realizadas as tarefas para que o tempo de execução seja o mínimo possível garantindo a qualidade da produção. Para tal, o documento é constituído por três partes:

1. Procedimento – explicação das tarefas a executar com recurso a texto claro e detalhado e a imagens elucidativas tanto quanto possível, com um número de páginas variável, que agregue um procedimento preciso;
2. Tabela de Combinação de Tarefas (TCT) – uma página que resume todo o procedimento por número e título de tarefas, indicando os tempos de execução manual, tempos de execução automática (tempo produtivo nas máquinas) e o tempo de deslocações do operador (que não é um tempo real produtivo, mas que tem de fazer inevitavelmente parte da sua rotina); todos estes tempos são registados em segundos, e o resultado da sua soma deve estar sincronizado com o denominado “*Takt Time*”, isto é, o tempo total necessário para produzir uma peça, definindo o ritmo do cliente. Assim, o tempo total necessário para realizar o respetivo procedimento (resultado da soma dos tempos de execução de todas as tarefas) deve ser tal que permita responder ao “*Takt Time*”, sincronizando-se o ritmo de produção com o ritmo dos pedidos do cliente.
3. Esquema das Tarefas Elementares (ETE) – uma página que apresenta um esquema ilustrativo do posto de trabalho do operador, em que os movimentos do operador são indicados através de setas contínuas (movimentos com peça) e setas descontínuas (movimentos sem peça), estando indicados os tempos totais de execução de todas as tarefas.

As três partes do SW têm de corresponder entre si, em tempos e numeração de tarefas, sendo apenas meios diferentes para visualizar e interpretar o procedimento em causa.

Um bom documento *Standard* tem de ser isso mesmo: *standard*. Para além disso, tem de ser claro e preciso e, simultaneamente, detalhado, sem que se torne confuso. O detalhe e a “standardização”/padronização são a chave para obter um bom documento, o que é algo relativamente difícil de construir, pois é necessariamente uma tarefa trabalhosa para ser bem

feita e, principalmente, quando não se conhece nada sobre o procedimento antes de o começar a elaborar.

Pode ser alvo de melhoria contínua a qualquer momento, e qualquer alteração requer uma reformulação do documento, que deve estar sempre atualizado.

Quando se constrói ou atualiza um SW, não se deve esquecer qual vai ser a sua função: é a base de qualquer posto de trabalho; daí a sua importância.

Ainda que todos sejam documentos *Standard*, existe mais do que um tipo de documentos *standard* na fábrica, de acordo com o fim a que se destinam. Ou seja, para além dos SW's base para saber como executar as tarefas num determinado posto de trabalho, existem *Standard's* para qualquer outro tipo de tarefas, como procedimentos para testar o sistema de segurança dos equipamentos, descrição de procedimentos de Manutenção, procedimentos para Transferência de Tarefas, ou qualquer outro tipo de procedimento que não seja diretamente produtivo.

A realização de *Standard's* foi concretizada em vários momentos do estágio e para mais do que um objetivo diferente, consoante as necessidades que iam sendo verificadas. Como tal, foram elaborados os seguintes documentos SW:

- Criação/atualização de SW's para alguns Postos de Trabalho;
- Reformulação de SW's de Saúde e Segurança já existentes;
- Criação de SW para o planeamento da Manutenção Preventiva dos vários tipos de paletes que fazem parte da linha de produção nas GAP's da Montagem;
- Criação de SW's para Transferência de Tarefas da Manutenção para a Produção.

#### **6.1.1. Realização/atualização de SW's para alguns Postos de Trabalho**

Com uma extensa quantidade de fatores a gerir, é normal que a melhoria contínua seja algo permanente e infinito. Como tal, uma das primeiras tarefas a realizar foi a reformulação de *Standard's* de alguns postos de trabalho que já estavam desatualizados, ou porque algumas partes do procedimento já não existiam ou já não eram realizadas da forma que estava indicada, por alteração do produto, por alteração do processo, ou até devido a alterações da ferramenta que, entretanto, foram feitas, por exemplo.

Esta primeira tarefa permitiu entrar melhor na dinâmica e perceber como se constrói realmente um documento *Standard*. Para além disso, foi um bom início de trabalho para começar a conhecer as pessoas relacionadas mais diretamente com a Produção e, principalmente, os operadores, aos quais iam sendo colocadas questões de cada vez que surgiam dúvidas. Desta forma, as respostas eram sempre as mais objetivas e quase sempre as mais corretas, com a explicação de quem sabe e a experiência de quem faz, sobre o que tinham de fazer e como tinham de fazer, de modo a poder atualizar o *Standard* com a informação o mais atual possível.

Depois, criaram-se também outros *Standard's* que ainda não existiam em alguns dos postos de trabalho mais recentes. Qualquer SW construído de raiz permitiu obter inicialmente um grande

conhecimento de algumas das partes do processo produtivo, já que a elaboração de um bom *Standard* obriga a ir falar com as pessoas e a ver e observar os processos e as ferramentas, percebendo melhor como funcionam.

Criar um *Standard* de raiz é uma tarefa trabalhosa, mas é uma mais-valia para quem o cria, que passa a ser uma das pessoas que melhor percebe do procedimento que descreveu, já que o documento se torna também uma ferramenta de grande conhecimento para si.

#### 6.1.2. Atualização de SW's de Saúde e Segurança no Trabalho

Atualizaram-se ainda outro tipo de SW's já existentes, mais concretamente, *Standard's* de Saúde e Segurança, para realização de tarefas relacionadas com o sistema de segurança dos equipamentos e a proteção do operador. Estes documentos indicam procedimentos que os operadores têm de fazer sempre no início de cada turno, antes de se iniciar a produção, nomeadamente, testar barreiras e *scanners* de segurança, fecho automático de portas, botoneiras de emergência, etc, de modo a confirmar o seu bom funcionamento.

A realização deste tipo de *Standard's* também permitiu aprender mais acerca do funcionamento dos sistemas de segurança, e ter a perceção da necessidade de utilizar algumas funções de determinados equipamentos através das consolas (ecrãs de seleção de opções e de alteração de definições do equipamento) para proceder aos testes dos vários elementos de segurança. Além disso, foi possível, através desta tarefa, obter também conhecimento sobre algumas de outras funções possíveis selecionáveis através da consola, como, por exemplo, fechar os grampos da ferramenta de um robô, sem que esta vá para dentro soldar (sendo que a função normal, ao pressionar a antena de início de ciclo, aciona estas duas coisas de uma só vez).

Independentemente do tipo de *Standard*, nele também deve sempre constar as regras gerais de Saúde e Segurança, que incluem a indicação dos EPI's necessários para a realização do procedimento em causa (calçado e óculos de proteção, tampões auriculares, luvas adequadas para o efeito, manguitos, roupa adequada, avental de soldador, capacete, etc) e, caso se aplique, alguma ação de medida de segurança essencial antes de proceder à execução das tarefas.

Por exemplo, no caso dos robôs, em relação aos *Standard's* que descrevam tarefas para as quais é necessário entrar no robô, é imprescindível fazer o Procedimento LOTO (*Lock Out, Tag Out*) antes de iniciar as tarefas a realizar, que refere a obrigatoriedade de colocar o TAG na consola e o aloquete na porta da máquina, por cada pessoa que entre dentro do robô (Figura 53).

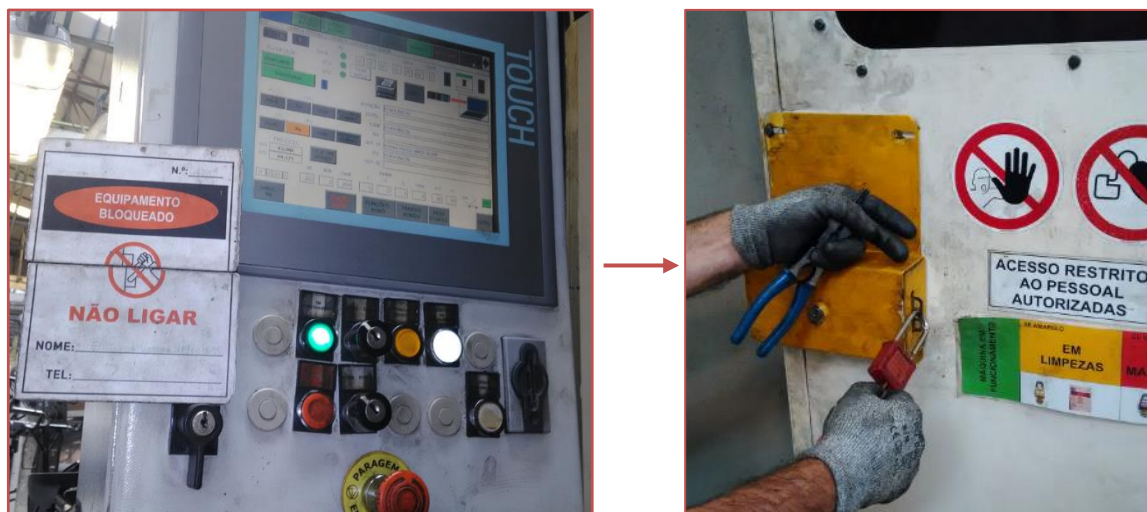


Figura 53 - Procedimento de Segurança LOTO.

O TAG da pessoa contém a sua identificação (nome e número de colaborador) e um número de telemóvel para o qual se deve ligar em caso de haver essa necessidade, sendo colocado na consola (na parte da frente do robô), e o aloquete é inserido numa das ranhuras existentes na fechadura da porta (na parte de trás do robô), e fechado (o que impede que esta tranque), sendo a chave guardada com a própria pessoa.

#### 6.1.3. Realização de SW's para o planeamento da Manutenção Preventiva das paletes das linhas de Montagem

Outra necessidade levantada foi a realização de *Standard's* para Manutenção Preventiva das paletes da linha, sendo necessário um *Standard* para cada tipo de paleta diferente. Estas paletes sustentam a produção essencialmente ao longo da linha de montagem, foram projetadas para empregar o produto, e são, na sua maioria, constituídas por um grande número de componentes, que têm funções específicas, como o encaixe ou a fixação de determinadas peças do produto, a rotação da própria paleta ou o travamento de partes da estrutura para a execução de tarefas específicas, por exemplo. Dependendo do projeto onde estão inseridas e consoante a função a que se destinam, existem tipos de paletes diferentes, variando a sua estrutura. Daí ser necessário fazer um *Standard* para cada tipo de paleta, onde esteja descrito clara e detalhadamente todos os procedimentos de Manutenção Preventiva a realizar, e onde esteja indicada a ordem de desmontagem para a troca de constituintes específicos, a referência à eventual troca de alguns dos componentes de maior desgaste, indicando a frequência da periodicidade da tarefa, entre outras indicações. A construção destes documentos começou a ser planeada, tendo-se tirado fotos a alguns dos componentes. Mas a elaboração deste documento é apenas uma das tarefas que faz parte do planeamento da organização das paletes (referido mais à frente). O planeamento da realização destes SW's também proporcionou o aumento do conhecimento, neste caso, ao nível da constituição das paletes da linha, da sua importância para o processo produtivo e das suas diversas funcionalidades.

#### **6.1.4. Realização de SW's para Transferência de Tarefas da Manutenção para a Produção**

Construíram-se também *Standard's* para Transferência de Tarefas. Neste caso, o objetivo (previamente aprovado) era transferir tarefas da Manutenção para a Produção, nomeadamente as tarefas mais simples (essencialmente tarefas de Manutenção de 1º Nível, como limpeza ou troca de alguns dos componentes dos equipamentos), que não requerem uma formação muito avançada para serem executadas e que estão ao alcance de qualquer operador, desde que lhe seja dada a formação necessária.

A razão da transferência era libertar um pouco a Manutenção de tarefas que podem ser facilmente realizadas pelo operador, para a Manutenção não estar tão sobrecarregada e poder tornar-se mais rápida nas suas respostas e, conseqüentemente, mais eficiente. A decisão da transferência justifica-se por ser espectável que, dando a formação necessária à produção para resolver pequenos problemas sozinha, esta possa diminuir os tempos de paragem, na medida em que existe sempre um tempo de espera até que uma pessoa da Manutenção chegue ao posto em causa. Por outro lado, desta forma, o operador terá de gerir o tempo para alcançar a produção diária pretendida e para realizar agora mais estas tarefas de manutenção. Mas, ainda assim, acredita-se que, sempre que haja um problema imprevisto, o tempo que a produção irá demorar a resolvê-lo sozinha poderá ser menor, diminuindo assim o número de pedidos de intervenção.

Tendo em conta que a Manutenção é sempre aquele setor da fábrica onde a boa gestão (uma gestão consistente) é mandatória para se conseguir responder às necessidades da Produção, e onde é preciso definir e ponderar as prioridades das ações de melhoria para melhor servir a fábrica, é possível com esta transferência de tarefas libertar a Manutenção para operações de melhoria contínua. Simultaneamente, é possível aumentar a autonomia da Produção e, com isso, aumentar a eficácia da manutenção realizada.

#### **6.1.5. Procedimento base para realizar uma Transferência de Tarefas**

Qualquer transferência de tarefas tem de obedecer a um procedimento base para poder ser concebida. O procedimento para Transferência de Tarefas tem várias fases. O esquema seguinte (Figura 54) mostra a sequência de passos que é necessário cumprir até que a transferência esteja efetivamente consumada na fábrica.



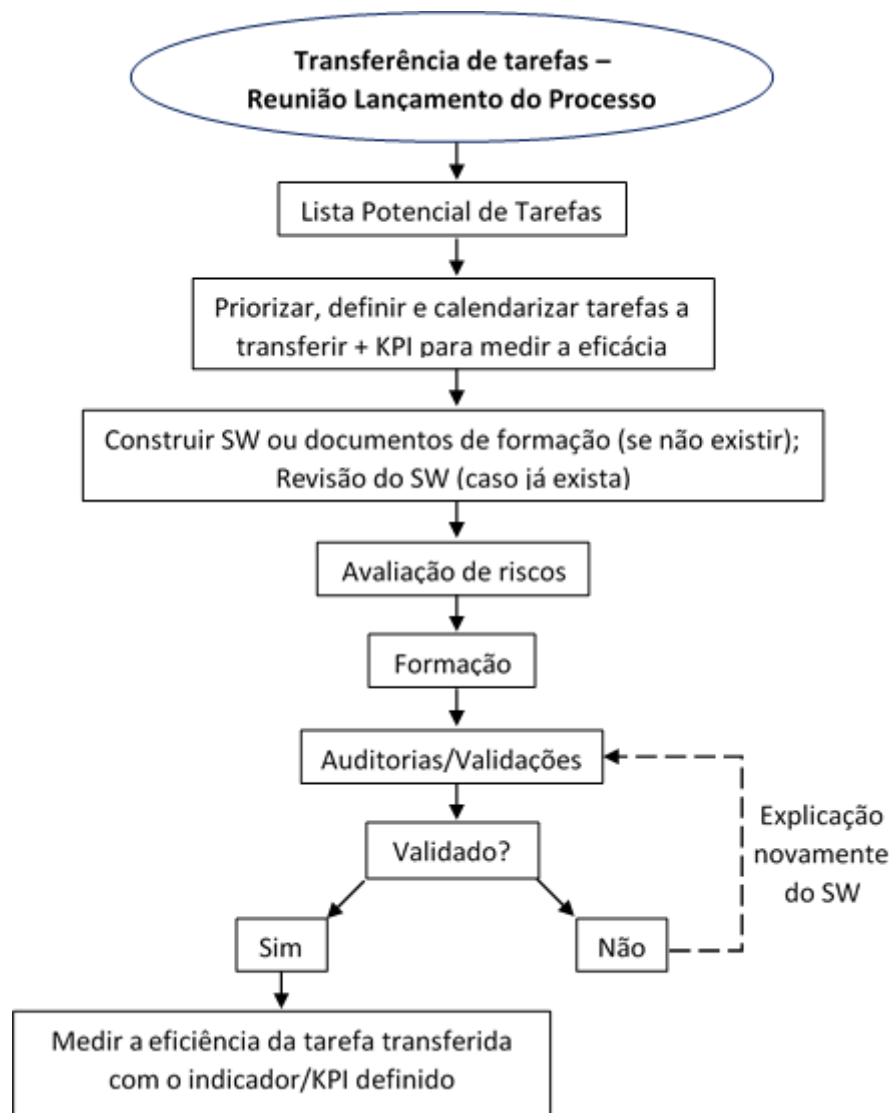


Figura 54 - Processo de Transferência de Tarefas [Fonte: Documentação interna da Empresa].

Resumidamente, é primeiro necessário fazer uma lista potencial de tarefas a transferir, de acordo com aquilo que se considera ser o mais adequado e rentável, sendo que esta lista de tarefas tem de ser priorizada, decidindo-se sobre quais as tarefas a transferir no ano em causa. Para cada tarefa a transferir, é identificada qual é a situação atual e o que é necessário melhorar, através de indicadores (KPI's). É a Direção da fábrica que gere e orienta esta primeira fase, estabelecendo-se quais as tarefas, a sua prioridade e as entidades envolvidas.

Depois de aprovado, o procedimento de transferência prossegue com a realização do documento *Standard* por parte de quem vai transferir a tarefa, que é quem melhor sabe como esta deve ser executada da forma mais rentável. A entidade que vai transferir a tarefa tem de avaliar potenciais riscos associados ao procedimento específico descrito no *Standard*, fazendo esta análise juntamente com o departamento de Saúde e Segurança no Trabalho. Posteriormente, quem vai transferir a tarefa é também responsável por dar a formação a quem vai receber a tarefa. São realizadas auditorias sistemáticas, até ser demonstrado que os futuros responsáveis estão aptos a assegurar a realização das respetivas tarefas, e a sua validação é feita pela entidade

que garantia inicialmente a realização da tarefa, com o Supervisor e o GAP Leader responsáveis pela GAP onde a tarefa será implementada. Durante esta última fase, a entidade que recebeu a tarefa, juntamente com o responsável da UAP em causa, vai medindo a eficácia da tarefa através de indicadores KPI, de modo a perceber se a mesma consegue ser assegurada e garantir a melhoria que se tinha como objetivo inicial da transferência.

#### **6.1.6. Concretização da Transferência de Tarefas**

Primeiramente, foram construídos os documentos SW, após a definição prévia do plano de tarefas já aprovado no ano anterior.

Uma das documentações realizadas consiste na descrição do procedimento para a troca de narizes e garras das pistolas Lockbolt, e tem essencialmente a ver com a constituição de qualquer pistola de Rebitagem Lockbolt, que contém vários componentes aos quais é necessário fazer manutenção preventiva, como é possível perceber através da imagem referida anteriormente na explicação teórica dos processos de rebitagem (Figura 47). Este procedimento inclui indicações para esvaziar o saco ou depósito metálico das porções de rebite que ficam retidas na pistola (sobras dos rebites), o recurso a chaves de bocas e a chaves de umbraque de tamanhos específicos para os procedimentos de desmontagem/montagem da pistola para a troca dos componentes, etc.

Os outros procedimentos que tinham de estar detalhados nos documentos a realizar são essencialmente sobre Soldadura MAG, para manutenção preventiva dos respetivos equipamentos, sendo necessário dois documentos diferentes para descrição de procedimentos: um para as cabines de soldadura manual, e outro para os robôs de soldadura (onde o equipamento é mais complexo).

Naturalmente, o documento SW para os robôs seria mais trabalhoso, pelo que se começou por este, para depois ser mais fácil fazer para as máquinas manuais.

Começou-se por fotografar os momentos que permitiam descrever todos os procedimentos e todos os respetivos passos, tendo sido necessário voltar a tirar novas fotografias, após iniciar a construção dos documentos, já que só durante a sua elaboração se verificava que faltavam imagens que melhor descrevessem o que se pretendia referir.

Uma das dificuldades na construção dos documentos para os robôs foi o facto de as fotografias terem de ser obtidas em momentos em que a produção estivesse parada, pois era necessário entrar no robô e perder algum tempo a simular algumas das tarefas, tendo-se aproveitado sempre que possível as horas de almoço ou lanche, combinando com o GAP Leader do turno em causa a execução de algumas das tarefas pretendidas.

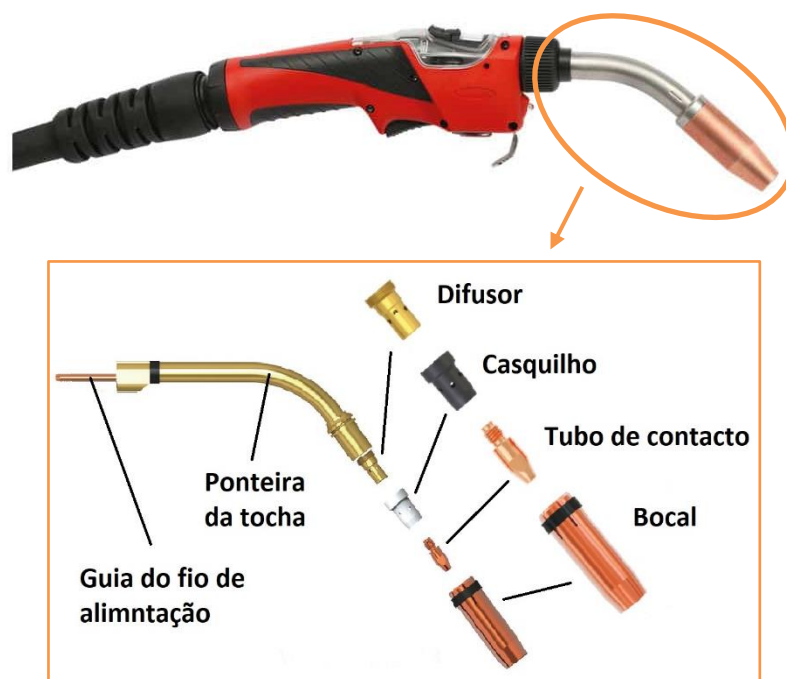
A elaboração dos SW ainda foi longa, demorando algumas semanas até serem concluídos todos os procedimentos, já que os equipamentos de soldadura têm vários componentes e dependem de diversos aspetos que tinham de ser referidos nos *Standard's*, para que os documentos ficassem o mais completos possível.

Na fase final, cada um dos dois documentos (relativos aos robôs e às máquinas manuais) foi dividido por vários, separando-se os vários procedimentos, e atribuiu-se uma numeração aos documentos, e uma designação de acordo com o procedimento em causa, tendo resultado a seguinte organização:

- SW\_TT\_001 – Verificação/Troca dos Componentes da Ponteira da Tocha;
- SW\_TT\_002 – Verificação do Estado do Sistema de Alimentação;
- SW\_TT\_003 – Verificação/Limpeza da Estação de Limpeza do Robô (procedimento apenas referente aos robôs, não existindo nas máquinas manuais);
- SW\_TT\_004 – Troca da Bobine;
- SW\_TT\_005 – Medição do Caudal de Gás.

Em relação aos procedimentos de manutenção nos robôs, podem ser melhor compreendidos através da Figura 39, apresentada anteriormente na explicação teórica sobre os processos de soldadura, e que indica os componentes principais da ferramenta e do circuito que está na base de uma soldadura robotizada.

A troca dos componentes da ponteira da tocha é algo mais específico, e inclui a verificação do estado do bocal, difusor, casquilho de proteção e tubo de contacto, para além de verificar o estado da primeira guia do fio de alimentação (guia que atravessa a tocha) (Figura 55).



**Figura 55 - Tocha de soldadura e seus componentes [Adaptado de (Fronius) e (MacroWeld)].**

A verificação do estado do sistema de alimentação incluía a limpeza de limalhas de metal que pudessem estar a obstruir a passagem do fio na zona dos carretos (motor), quer na tocha, quer na máquina de soldar (parte de trás do robô), e a verificação do estado funcional de toda a guia. Na Figura 56 pode observar-se o motor de alimentação de uma máquina de soldar manual, sendo que, no robô, representa o motor de alimentação da parte de trás do robô.

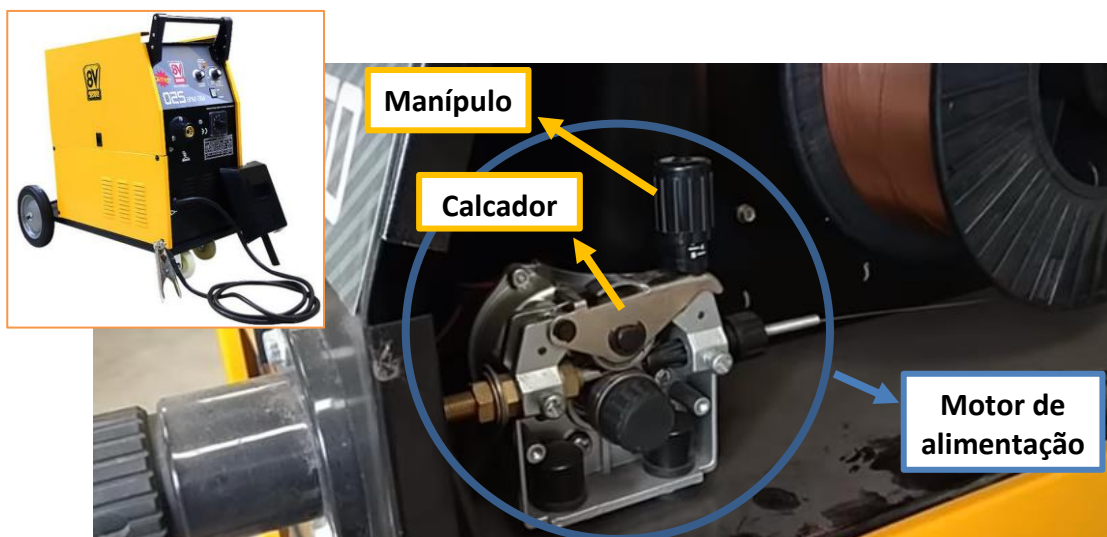


Figura 56 – Motor de alimentação de uma máquina de soldar (Manípulo e Calcador) [Adaptado de (Torreiro, 2017)].

Para além disto, nos motores de alimentação, é necessário afinar os carretos (Figura 57).

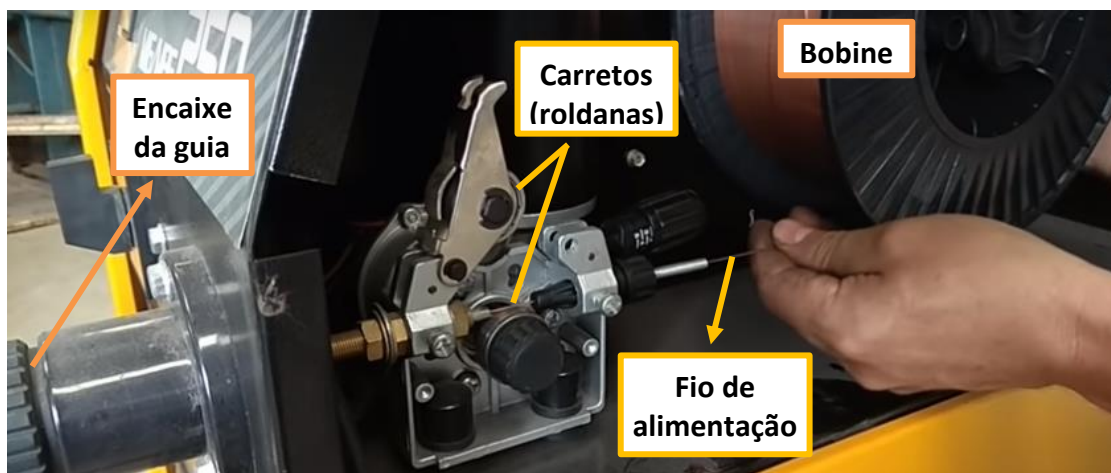


Figura 57 - Motor de alimentação de uma máquina de soldar (Carretos) [Adaptado de (Torreiro, 2017)].

Esta afinação consiste na regulação da distância entre um carreto e o outro, ditando a pressão que os calcadores fazem contra os carretos; se o fio ficar muito apertado, deforma-se, acumula lixo (limalhas), e degrada as guias, entupindo mais facilmente o sistema de alimentação. Por

outro lado, se o fio ficar folgado, pode oscilar durante o seu avanço e provocar instabilidade na saída do fio (a velocidade de avanço de fio varia) e, conseqüentemente, prejudicar a qualidade da solda.

Depois, é necessário também fazer a verificação da estação de limpeza do robô, que inclui a verificação do nível do líquido de limpeza na garrafa e a limpeza dos resíduos de limalha retidos na gaveta da estação. Nesta fase, são recolhidos os resíduos que ficam retidos quando o robô vai posicionar a tocha na zona da estação de limpeza e, por sopragem, é removida a grande parte dos resíduos da soldadura; o robô molha depois a ponteira da tocha no líquido, para proteção após a limpeza, diminuindo a tendência do metal da ponteira para atrair as limalhas.

Existe ainda todo o procedimento necessário para trocar a bobine que sustenta o fio de alimentação (Figura 58), sendo o procedimento mais extenso de todos, já que é necessário desmontar e montar a maioria dos encaixes e componentes por onde passa o fio.



**Figura 58 - Bobine do fio de alimentação [Fonte: (WURTH)].**

Por fim, tem-se a medição do caudal de gás, que deve ser feita à saída da ponteira da tocha, com um caudalímetro (Figura 59), já que, até lá, existem fugas.



**Figura 59 - Caudalímetro para medição do caudal de gás [Fonte: (AliExpress)].**

Para além das perdas de gás que ocorrem desde a fonte de alimentação geral da fábrica até à máquina em causa, da saída do medidor presente na parte de trás do robô até à ponteira da tocha existem sempre outras fugas de gás e, por isso, o valor indicado por esse medidor pode nem sempre corresponder ao valor real. Por esta razão, deve medir-se o caudal de gás na ponteira da tocha, para saber exatamente o caudal de gás que chega à saída da ponteira.

Relativamente às regras de Saúde e Segurança, no caso dos robôs, qualquer um dos cinco documentos tem no início um procedimento adicional de segurança, onde se indica o Procedimento LOTO (colocação do TAG e do aloquete, como referido anteriormente), e os EPI's necessários para trabalhar no posto de soldadura robotizada, uma vez que estes procedimentos serão realizados pelo GAP Leader, durante o respetivo turno, de acordo com a frequência indicada no *Standard*.

No caso das máquinas manuais, o documento inclui uma primeira página onde se referem quais os EPI's e indicações gerais de segurança relativas à execução da soldadura manual. A Figura 60 indica a primeira página presente em todos os documentos relativos às máquinas manuais, mostrando uma pequena parte do trabalho que foi feito.

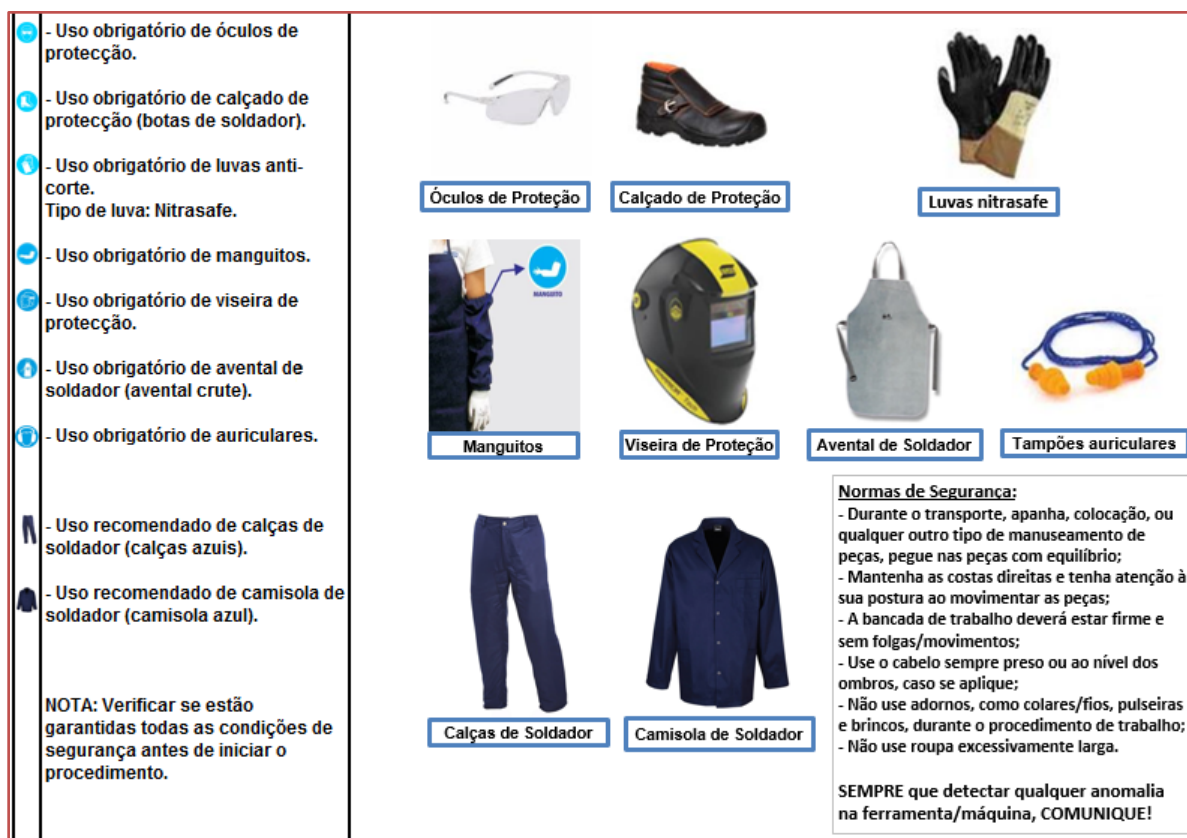


Figura 60 - Regras de Saúde e Segurança no Trabalho para um posto de soldadura manual.

Esta página corresponde ao Procedimento de Segurança para os postos de trabalho de soldadura manual, estando omissa o cabeçalho de identificação do documento.

Posteriormente, após conclusão da elaboração dos documentos *Standard*, definiu-se a lista de colaboradores a quem seria necessário dar formação em função das tarefas a transferir e calendarizou-se os dias para se proceder à formação, estabelecendo-se os horários de acordo com a disponibilidade de todos.

A formação foi concretizada nas datas planeadas, tendo sido ministrada por uma das pessoas da Manutenção, responsável pela Transferência de Tarefas.

Acompanhou-se a formação, e registaram-se alguns pontos de melhoria em conjunto com todos os colaboradores, à medida que ia sendo referido o que tinham de fazer e como tinham de fazer. Foram referidos alguns aspetos que foi necessário esclarecer mais tarde com a chefia, surgindo dúvidas relacionadas com o procedimento em específico.

Por outro lado, levantaram-se algumas questões a resolver para ser possível a realização dos procedimentos *Standard* pela Produção. Mais concretamente, fez-se o registo de algum material necessário referido nos documentos, tratando-se de ferramentas que a Manutenção tem normalmente, mas a Produção não, nomeadamente:

- Chaves de bocas e chaves de umbraque, para os procedimentos de troca de nariz e garras das pistolas de Rebitagem Lockbolt;
- Manguueiras de ar para a limpeza do sistema de alimentação e das guias dos equipamentos;
- Medidores de esfera (caudalímetros), para medir o caudal de gás.

NOTA: Foi necessário arranjar dois tipos de caudalímetros diferentes. Os normais, para as máquinas manuais, e caudalímetros com uma extensão de borracha para os robôs, já que, no caso dos robôs, a tocha tem uma direção descendente e, para medir o caudal, é necessário que o caudalímetro fique numa posição vertical.

Posteriormente, será dada continuidade ao trabalho, procedendo-se às auditorias até que a validação da Transferência de Tarefas seja consumada.





## 7. Organização das Paletes na linha

Outra das tarefas solicitadas foi ajudar na organização das paletes que sustentam essencialmente a produção ao longo da linha de montagem.

Dependendo do projeto onde estão inseridas e consoante a função a que se destinam, existem tipos de paletes diferentes, variando a sua estrutura. Neste caso, existem cinco tipos de paletes diferentes, três pertencentes ao Projeto 1 e duas pertencentes ao Projeto 2. A justificação da diferença, para além das variações entre projetos (em que o produto é diferente), é que, em qualquer um dos projetos, um dos tipos de paleta tem uma função ao nível do posto de inspeção final (onde se faz o controlo funcional de toda a estrutura do banco, no fim da linha de montagem); as restantes fazem parte da linha de montagem (isto é, funcionam ao longo da linha), sendo que o Projeto 1 utiliza dois tipos diferentes de paletes na GAP da Montagem.

Como já foi referido anteriormente, estas paletes foram projetadas para empregar o produto, e são, na sua maioria, constituídas por um grande número de componentes, que têm funções específicas, como o encaixe ou a fixação de determinadas peças do produto, a rotação da própria paleta ou o travamento de partes da estrutura para a execução de tarefas específicas, por exemplo.

O planeamento da organização das paletes tinha como objetivos os seguintes pontos:

- 1) Numeração das paletes;
- 2) Realização de um plano de verificação/manutenção preventiva;
- 3) Elaboração de lista de *spares* das paletes;
- 4) Verificação de preços e verificação/criação de códigos de armazém;
- 5) Registo de saída da paleta – indicação do tipo de intervenção (Preventiva ou Corretiva), identificação do problema (com lista de defeitos e eventuais causas), e registo do fecho da intervenção (com descrição do que foi feito);
- 6) Construção dos documentos *Standard* com as instruções de verificação/manutenção da paleta (para Manutenções Preventivas da paleta);
- 7) Criação de “*zoning*” para colocar as paletes de reserva.

### 7.1. Numeração das paletes

A primeira ação foi numerar todas as paletes. Para tal, foi pré-definida uma identificação para as paletes, com uma numeração de acordo com os postos de trabalho a que cada uma pertence. Pensou-se numa identificação que fosse simples e fácil de associar a paleta ao respetivo posto. Tendo em conta o número total de paletes existentes, encomendaram-se chapas com a gravação dessa identificação e com furos para rebitar em cada uma das paletes. A Figura 61 ilustra um esquema do exemplo de uma chapa, conforme projetado.

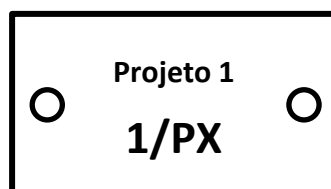


Figura 61 - Exemplo de identificação para uma das paletes.

A identificação base escolhida contém o número do respetivo projeto e uma designação para a paleta, que consiste no número da paleta (atribuição aleatória), seguindo-se o nome do posto da qual faz parte (neste caso, correspondente à linha de montagem ou ao posto de inspeção final) separado por uma barra. Inicialmente, pensou-se numa identificação apenas através de dígitos representativos (sendo que cada um deles corresponderia a uma informação, com base numa determinada codificação) mas, depois, compreendeu-se que a identificação requeria ser algo mais intuitivo e, por isso, decidiu-se optar pelo tipo de identificação referido, de acordo com a ilustração anterior.

As chapas serão posteriormente rebitadas, escolhendo-se uma zona estratégica da paleta, onde a identificação seja visível e que, simultaneamente, possa protegê-la de zonas de maior desgaste aquando da sua utilização.

## 7.2. Plano de Manutenção Preventiva

Iniciou-se a realização de um plano de Manutenção Preventiva e, para cada um dos postos, começou-se por traçar um plano temporal simples, adequado para as tarefas de manutenção a realizar. A Tabela 9 mostra este plano como exemplo para o primeiro trimestre do ano, para um dos postos.

Tabela 9 - Plano temporal para a Manutenção Preventiva das paletes da linha – Posto P5.

Mês	Janeiro					Fevereiro				Março			
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Paleta 1</b>													
<b>Paleta 2</b>													
<b>Paleta 3</b>													
<b>Paleta 4</b>													
<b>Paleta 5</b>													
<b>Paleta 6</b>													
<b>Paleta 7</b>													

De acordo com o plano definido, a ideia seria em cada semana fazer manutenção a uma das paletes, de maneira a que esta intervenção não interferisse com a produção. Esta manutenção passaria por fazer uma verificação do seu estado funcional, testando o desempenho das suas

funcionalidades e o seu bom funcionamento, eventualmente trocando alguns componentes já desgastados, etc.

A tabela anterior indica como exemplo o plano temporal para o Posto P5 (um dos postos da linha de montagem do Projeto 1). Deste modo, para este posto, todas as paletes sofriam uma intervenção a cada sete semanas, tendo em conta que existem no total sete paletes deste posto, das quais pelo menos uma é suplente (palete de reserva).

Assim, a cada semana é feita manutenção a uma palete diferente, mantendo igual a frequência de intervenção para todas as paletes. Por outro lado, uma vez que, de cada posto, existe sempre mais uma palete para além das que são necessárias em simultâneo enquanto se está a produzir, a manutenção de uma palete não interferirá na Produção.

### **7.3. Lista de Spares**

Posteriormente, o passo seguinte foi recolher toda a informação para fazer a lista correta de *Spares* para todos os tipos de paletes, considerando-se como *spares* as peças de substituição das paletes, isto é, todos os componentes constituintes da palete.

A recolha destes dados foi concretizada com recurso aos dados do fabricante.

A realização da lista de *spares* permitirá mais facilmente identificar, aquando da manutenção da palete, quais as peças que é necessário recolher do armazém para substituir outras já desgastadas, eventualmente partidas, ou de alguma forma disfuncionais.

### **7.4. Verificação de preços e verificação/criação de códigos de armazém**

Para tal, depois de estar completa a lista de *spares* específicos de cada tipo de palete, recolheu-se informação acerca do custo das peças de substituição, de acordo com o fornecedor em causa, para se iniciar o seu registo no armazém, atribuindo-se códigos aos componentes que ainda não existiam no registo de artigos do armazém.

### **7.5. Registo de saída da palete – indicação do tipo de intervenção, identificação do problema, e fecho da intervenção**

Segue-se o registo de saída da palete, isto é, seria necessário criar um registo no momento em que uma palete sai da linha para sofrer uma intervenção de manutenção. Neste registo, a ideia seria, entre outras coisas, referir o tipo de intervenção, já que, esta saída poderá ser para Manutenção Preventiva (de acordo com o plano temporal definido) ou para Manutenção Corretiva (devido a um problema não planeado que ocorreu, sendo necessário reparar a palete por este motivo). Em caso de Manutenção Corretiva, no momento da ocorrência, estando o plano da Manutenção Preventiva já a funcionar, recolher-se-ia de imediato uma palete de reserva para substituir a que, entretanto ficou disfuncional, evitando perdas de tempo e paragens na produção. Esta seria uma das vantagens diretas da Manutenção Preventiva, se existirem paletes de reserva, demonstrando-se o grande proveito do plano, já que é assegurado que não

ocorrem prolongamentos de paragens da linha de produção devido a falhas ou avarias imprevistas.

A criação de um registo sempre que fosse realizada uma intervenção, deveria então conter informação sobre o momento de saída da paleta, uma descrição sobre o tipo de falha ou problema ocorrido, o tipo de intervenção a realizar para eliminar o problema, e também o registo posterior da reparação, com o fecho da intervenção, e a indicação do que se fez e da lista de todos os defeitos e, eventualmente, uma descrição das causas possíveis e/ou detetadas.

Este registo ia depois permitir fazer um controlo sobre o número total de intervenções feitas a cada paleta e perceber eventualmente a existência de alguma que fosse mais crítica em determinado momento, por ter necessitado de um maior número de intervenções em relação a um determinado período considerado.

### **7.6. Construção de documentos *Standard* (para Manutenções Preventivas da paleta)**

Para se realizar efetivamente manutenção às paletes, é necessário existir um documento de seguimento do procedimento com as instruções de verificação da paleta, de modo a que a pessoa responsável pela tarefa saiba exatamente o que tem de fazer e como tem de o fazer. Ou seja, é necessário criar um *Standard* para cada tipo de paleta diferente, onde esteja indicada a ordem de desmontagem para a troca de constituintes específicos, a referência à eventual troca de alguns dos componentes de maior desgaste, estando indicado a frequência da periodicidade da tarefa, entre outras indicações.

Neste caso, seriam necessárias cinco instruções diferentes, porque existem cinco tipos de paletes diferentes (três para o Projeto 1 e duas para o Projeto 2).

Para a construção dos documentos começou-se por observar a lista de *sparcs*, para começar a conhecer melhor os componentes das paletes e quais as suas funções, e tirou-se fotos aos componentes, para utilizar posteriormente durante a elaboração dos *Standard's*. Para um melhor entendimento da sua estrutura recorreu-se também a alguns desenhos 3D da fábrica que retratam as diferentes paletes, e que auxiliaram na identificação dos vários componentes. Nesta fase foi possível aumentar o conhecimento ao nível da constituição das paletes da linha, da sua importância para o processo produtivo e das suas diversas funcionalidades.

O passo seguinte (antes de se começar efetivamente a construir os documentos) seria tirar fotos aos passos de todo o procedimento para a realização da manutenção preventiva, para cada um dos tipos de paleta. Para tal, foi necessário reunir com uma das pessoas da Manutenção, para que realizasse todo o procedimento e fossem registados todos os momentos necessários à elaboração dos *Standard's*.

Depois de ter todas as fotos necessárias, iniciou-se a construção dos documentos, com base em descrições de alguns procedimentos que já existiam. Durante a sua realização, um dos pontos importantes seria colocar notas e chamadas de atenção de acordo com a parte do procedimento em causa, principalmente, referindo os componentes de segurança que as paletes têm, e que

servem para proteger o operador de eventuais perigos associados ao seu manuseamento, alertando também para potenciais riscos de manuseamento aquando da desmontagem/montagem destes durante a manutenção. Isto porque, uma palete serve essencialmente para o transporte do produto ao longo da linha de produção, mas também pode servir por exemplo para bloquear uma peça, quando esta puder intervir com a segurança das pessoas devido, por exemplo, a parafusos mal apertados.

### **7.7. Criação de “zoning” para as paletes de reserva**

Finalmente, será necessário criar um “zoning”, isto é, definir um local para colocar as paletes de reserva, através de uma fita colada no chão a delimitar essa zona. O local escolhido para as paletes permanecerem deve ficar perto dos postos a que se destinam, dentro da própria GAP correspondente, de modo a que o acesso seja fácil e rápido no caso de ser necessário substituir uma paleta devido a uma paragem imprevista.

Por outro lado, as paletes que ainda se encontrem em processo de manutenção deveriam ficar na área da Manutenção até que estivessem prontas e aptas a funcionar.

Contudo, esta questão poderia deixar de se colocar se esta tarefa de manutenção das paletes da linha passasse a ser sustentada pela pessoa da “Manutenção na Linha” (ideia de melhoria referida mais à frente).



## **8. Análise de dados de paragens e classificação das mesmas com a realização de gráficos de Pareto**

Todas as semanas, há uma reunião do chefe da UAP com os Supervisores, com a pessoa da Engenharia que é responsável por essa UAP e com o responsável da Manutenção. Estas reuniões servem para pôr em dia os problemas atuais existentes na Produção, tentando-se perceber se problemas levantados na semana anterior já foram resolvidos e, se não, perceber porquê (se foi, por exemplo, por falta de recursos, indisponibilidade da produção, falta de tempo por surgimento de problemas imprevistos prioritários, etc), e fazendo o levantamento de novos problemas que entretanto surgiram, estabelecendo novas ações para eliminá-los, e fazendo o planeamento do que deve ser feito e a indicação das pessoas que ficarão responsáveis por executar cada uma das tarefas planeadas, de modo a resolver os problemas.

As reuniões são essencialmente sustentadas por dados do Supervisor, que acompanha diariamente a Produção e é quem melhor sabe quais são os problemas atuais e o que é que está a interferir mais com atrasos no processo produtivo ou mesmo a provocar paragens de produção.

Para ajudar e melhor avaliar os problemas da UAP nestas reuniões, foi solicitada a realização de uma base de informação que permitisse ser a linha de orientação para melhor conduzir estas reuniões.

Para tal, começou-se por construir gráficos que mostrassem mais concretamente quais os problemas prioritários, elaborando-se gráficos de Pareto, com base nos dados dos pedidos de intervenção, exportados em ficheiro Excel da plataforma que agrega toda a informação relacionada com a Manutenção da fábrica, sendo o objetivo principal ajudar ao nível da Manutenção Preventiva, ainda que esta análise contribua igualmente para evidenciar falhas ocorridas de forma imprevista.

Primeiramente, os dados foram tratados a partir da lista de pedidos de intervenção. Por cada pedido de intervenção, a Produção (GAP Leader ou Supervisor) abre no sistema aquilo a que se chama de um “Ticket”, quando não consegue resolver sozinha o problema e precisa da ajuda da Manutenção. Cada *Ticket* aberto corresponde a um pedido de intervenção.

Quando normalmente um GAP Leader abre um *Ticket*, tem sempre de colocar uma descrição do problema que ocorreu, ficando registado no sistema quem fez a abertura do *Ticket*, a hora de abertura e, na descrição, o GAP Leader tem sempre que começar por indicar um índice que defina a gravidade do problema, de nível 1 a 4, considerando-se por ordem decrescente de importância:

1. Problemas de Segurança - falha/avaria grave nos equipamentos, que interferem com a segurança dos trabalhadores;
2. Paragem da Produção - falha/avaria que provocou a paragem de um posto/equipamento e, consequentemente, a produção está parada;
3. Produção condicionada - trabalho em modo degradado, devido a equipamento que não está a funcionar corretamente;

4. Problemas toleráveis - pequenos problemas (não críticos) que praticamente não influenciam o trabalho produtivo, isto é, problemas que não são graves e cuja resolução pode ser planeada para mais tarde.

Depois da abertura do *Ticket*, há um tempo de espera até que chegue alguém da Manutenção para resolver o problema. Depois de intervir, a pessoa da Manutenção escreve um comentário no registo do respetivo *Ticket*, indicando qual era efetivamente o problema e o que foi feito, e fecha o *Ticket* ou, caso não tenha conseguido resolver o problema, deixa ainda em aberto, referindo porque não foi possível resolver nesse momento (por falta de recursos, por necessidade de uma assistência superior, etc) e/ou o que é necessário fazer (ficando registada a hora a que foi feito este comentário).

Para além disso, antes de se iniciar uma análise, deve compreender-se outro dos conceitos existentes em relação aos tipos de manutenção que se podem realizar. A Figura 62 indica os três tipos de manutenção que se consideram.

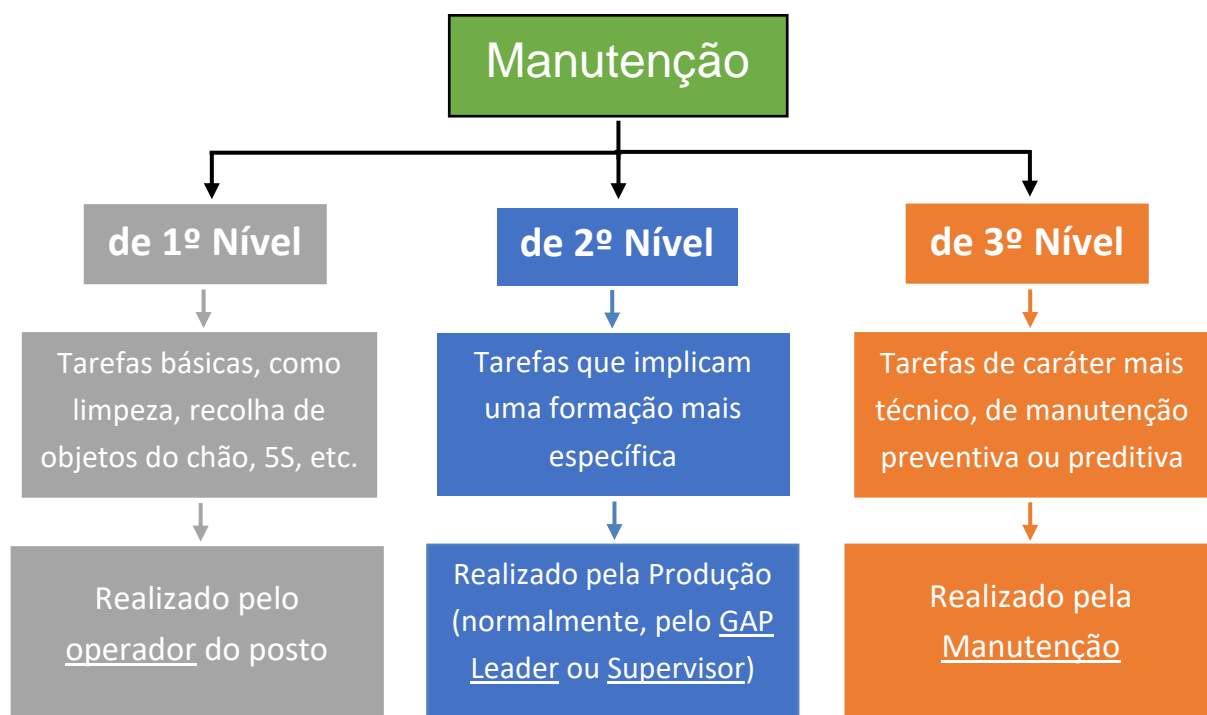


Figura 62 - Tipos de Manutenção.

Foi planeada uma análise com base em vários tipos de abordagem, iniciando-se com a construção dos seguintes gráficos:

→ *1ª Análise*: Desde o início do ano até ao momento atual, para toda a UAP (isto é, incluindo o Projeto 1 e o Projeto 2):

- ✓ N° de *tickets* por semana;
- ✓ Tempo de paragem por semana;



- ✓ N° de *tickets* por turno;
- ✓ Tempo de paragem por turno (caso se justifique para termo de comparação com o n° de *tickets* abertos);
- ✓ N° de *tickets* por GAP;
- ✓ Tempo de paragem por GAP (caso se justifique para termo de comparação com o n° de *tickets* abertos);
- ✓ N° de *tickets* por hora (caso se justifique em relação à base temporal considerada).

→ 2ª *Análise*: Nos últimos 3 meses, em conjunto e de forma independente para cada mês (para comparar se há variações dos postos que aparecem em 1º lugar como os mais críticos), para toda a UAP (Projeto 1 e Projeto 2):

- ✓ N° de *tickets* por posto/equipamento (em conjunto);
- ✓ Tempo de paragem por posto/equipamento (em conjunto);
- ✓ N° de *tickets* por posto/equipamento (individualmente, para cada um dos meses considerados na análise conjunta);
- ✓ Tempo de paragem por posto/equipamento (individualmente, para cada um dos meses considerados na análise conjunta).

→ 3ª *Análise*: Nas últimas 4 ou 5 semanas correntes, para toda a UAP (Projeto 1 e Projeto 2):

- ✓ N° de *tickets* por posto/equipamento;
- ✓ Tempo de paragem por posto/equipamento;
- ✓ N° de *tickets* por tipo de defeito (em relação ao posto mais crítico determinado através dos gráficos anteriores);
- ✓ N° de *tickets* por tipo de causa possível (em relação ao posto mais crítico determinado através dos gráficos anteriores).

Os tópicos indicados numa determinada análise poderiam estar indicados também nos outros tipos de análise, já que estão apenas organizados de forma a ser mais fácil explicar o plano que foi realizado para permitir chegar à análise pretendida.

Este foi o plano inicial para o estudo que se pretendia fazer. Posteriormente, os três tipos de análise foram-se repetindo e atualizando ao longo do tempo, extraindo-se os registos da plataforma *online*, de modo a que os dados pudessem ser apresentados sempre atualizados nas reuniões semanais.

### 8.1. 1ª Análise

Começou-se por analisar todos os *Tickets* desde o início do ano. Esta análise foi feita ao longo do tempo, atualizando-se o gráfico a cada semana. Considerando apenas os últimos gráficos realizados, pode analisar-se toda a informação até aos dados mais atuais, observando-se o gráfico de Janeiro a Novembro de 2018 (isto é, *Month 1* a *Month 11*, que é o mesmo que referir *Week 1* a *Week 46*) (Figura 63).

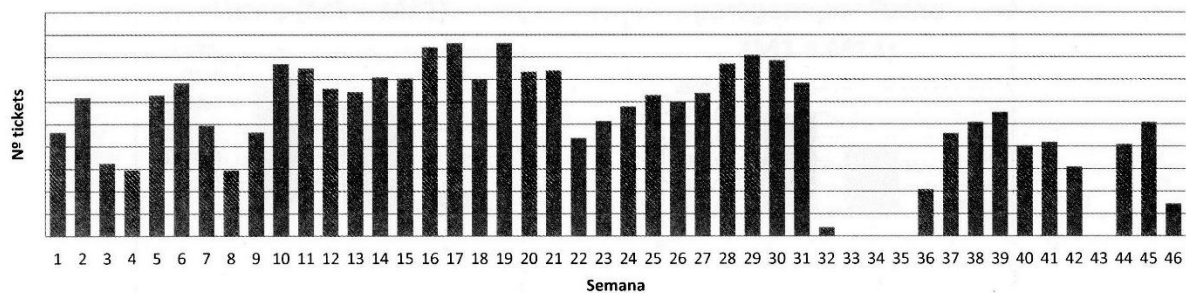


Figura 63 - Representação gráfica do Nº tickets por Semana da UAP (de W1 a W46).

Pode observar-se a mesma análise em relação ao Tempo de Paragem, conforme a Figura 64.

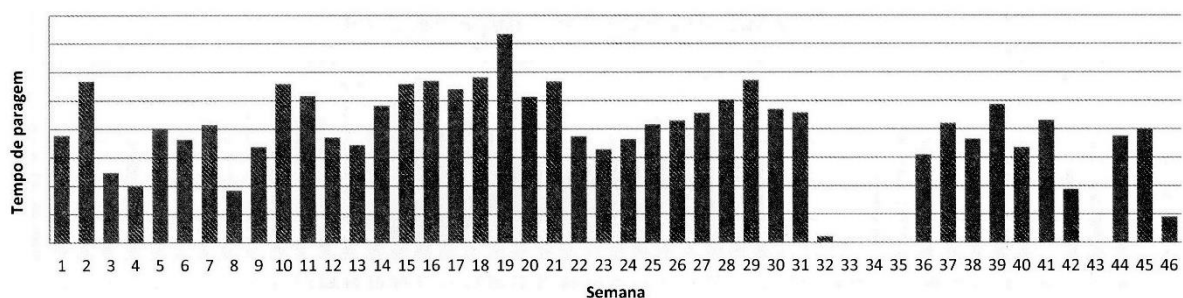


Figura 64 - Representação gráfica do Tempo de Paragem por Semana da UAP (de W1 a W46).

No geral, é perceptível a inexistência de registos de abertura de *Tickets* no mês de Agosto (W32 a W35), já que é a altura de férias, e também na W43, uma semana planeada em que não houve produção. Para além disso, podem verificar-se as variações e os momentos com maior número de registos de pedidos de intervenção em vários meses, registando-se o pico mais elevado na W19 (mês de Maio) desde o início do ano.

Depois, construiu-se também um Pareto do Nº de *tickets* abertos por Turno, tendo em conta a mesma base temporal (a mais atual) (Figura 65).

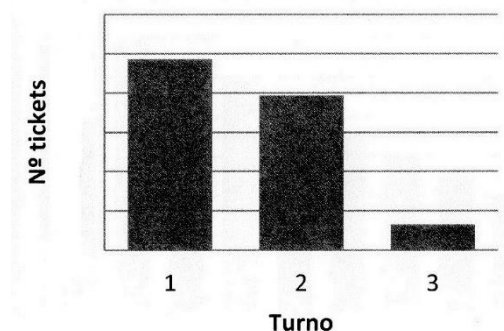


Figura 65 - Representação gráfica do Nº tickets por Turno - UAP (W1 a W46).

Verifica-se precisamente que o turno da manhã (T1) é o mais crítico, seguindo-se o turno da tarde (T2), e depois o turno da noite (T3). É expectável que o 3º turno seja o que tem menor número de pedidos de intervenção, uma vez que este turno não labora sempre, existindo apenas quando a produção prevista aumenta consideravelmente e é necessário abrir o 3º turno. Por outro lado, quando labora, é o que tem menos *tickets* abertos, já que a produção também nem sempre está a trabalhar a 100%, podendo, por vezes, laborar apenas em algumas GAP's. Como exemplo dos projetos em causa, é possível laborarem apenas as GAP's de Soldadura e Montagem sem que seja preciso arrancar com a GAP das Preparatórias, se previamente houver um *stock* de peças suficiente para garantir a produção pretendida.

Já o 1º turno tem maior número de pedidos de intervenção que o 2º, influenciando também o facto de ter havido pelo menos uma altura do ano em que laborou só o 1º turno.

Contruiu-se ainda um outro gráfico que dá uma noção muito melhor das variações ao longo do tempo, podendo observar-se o Nº de *tickets* por Semana e por Turno (Figura 66).

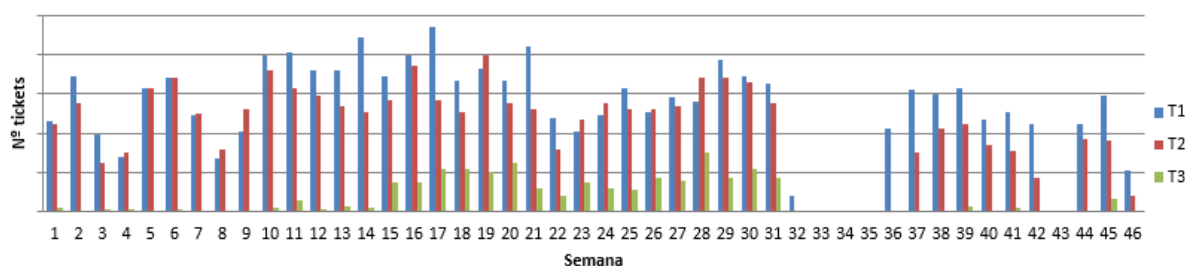


Figura 66 - Representação gráfica do Nº tickets por Turno e por Semana - UAP (W1 a W46).

Verifica-se que o 3º turno não aparece nos últimos meses nem nos primeiros meses do ano. Por exemplo, em Setembro (W36 a W39) laborou só o 1º turno, correspondendo, pela observação do gráfico.

Para o mesmo período considerado, determinou-se o Nº *tickets* abertos por cada Posto de trabalho (Figura 67), considerando que existem 29 postos de trabalho no total (em toda a UAP, isto é, Projeto 1 e Projeto 2).

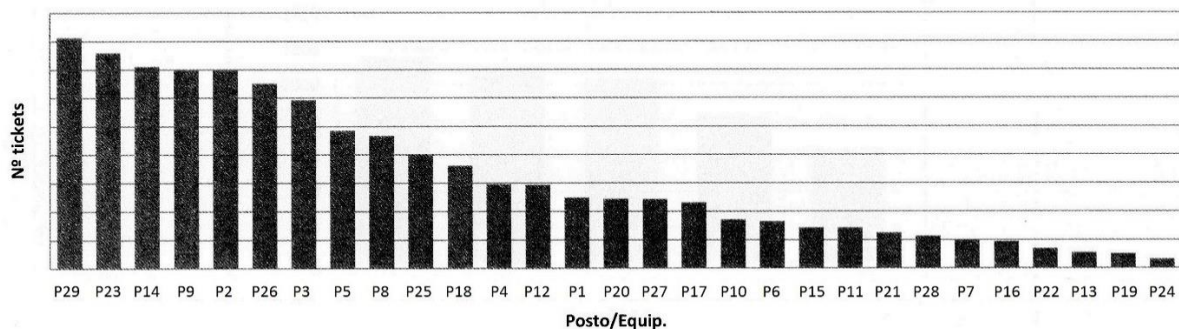


Figura 67 - Representação gráfica do Nº tickets por Posto - UAP (de M1 a M11).

Obteve-se também o mesmo Pareto para o Tempo de Paragem (Figura 68).

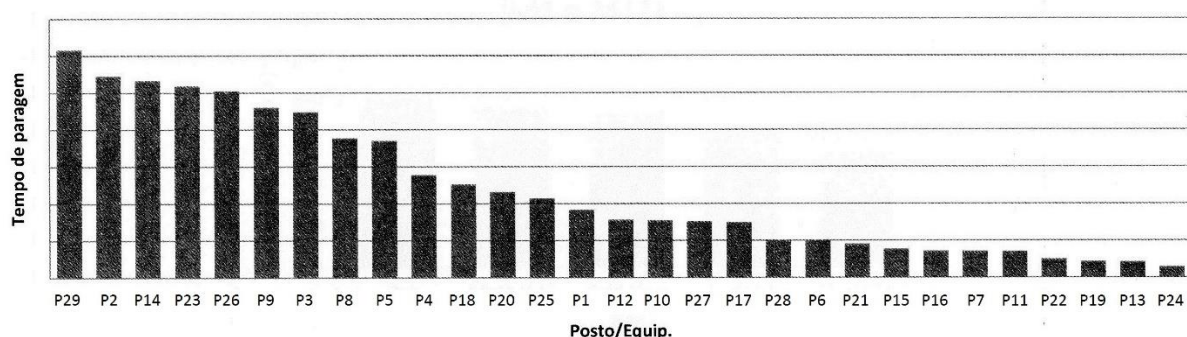


Figura 68 - Representação gráfica do Tempo de Paragem por Posto - UAP (de M1 a M11).

Este tempo é o tempo total de paragem, incluindo o tempo de espera e o tempo de intervenção. Verificam-se pequenas variações entre os dois gráficos, uma vez que as variáveis são diferentes, pois pode por exemplo ter-se um *Ticket* que demorou muito tempo a ser fechado comparando com outros que, em conjunto, correspondem ao mesmo Tempo de Paragem.

Neste caso, é mais importante ter como base o segundo gráfico, pois é o que se relaciona de forma mais direta com os custos de produção.

Com base na Figura 68 pode visualizar-se o TOP 3 dos postos mais críticos desde o início do ano até Novembro (M1 a M11). São eles o P29, o P2 e o P14. De acordo com esta análise, tem-se praticamente a informação necessária para saber exatamente quais foram os equipamentos que deram mais problemas no ano de 2018, ainda que faltem os dados do mês de Dezembro.

Posteriormente, obteve-se o Pareto do Nº de *Tickets* por GAP (Figura 69) fazendo-se uma outra abordagem.

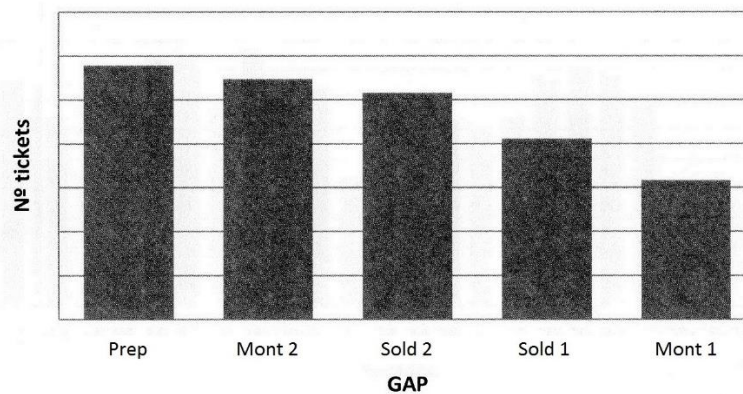


Figura 69 - Representação gráfica do N° tickets por GAP - UAP (M1 a M11).

Verifica-se que a GAP das Preparatórias é a mais crítica, seguindo-se as GAP's do Projeto 2. Até 2019, seria importante perceber porque é que a GAP das Preparatórias é a mais crítica. Para além disso, seria importante refletir sobre a razão pela qual o Projeto 2 abriu significativamente mais *Tickets* do que o Projeto 1, fazendo-se um estudo sobre as variáveis associadas que pudessem justificar estes dados.

Estes primeiros Paretos permitem obter uma informação geral, percebendo o que foi mais crítico desde o início do ano até ao momento atual. Mas, interessa mais ainda perceber quais foram os equipamentos mais críticos nos últimos meses e comparar posteriormente essa informação com as últimas quatro semanas (último mês corrente).

## 8.2. 2ª Análise

Outro tipo de abordagem foi perceber quais foram os postos que deram mais problemas nos últimos três meses, obtendo-se uma informação mais a curto prazo, dando também uma ideia daqueles que têm sido os equipamentos que se mantiveram no Pareto em 1º lugar até ao mês mais atual.

Considerando, por exemplo, a análise feita para os meses de Maio, Junho e Julho, observe-se o gráfico que contém a agregação dos dados em conjunto dos três meses, neste caso, em relação ao Tempo de Paragem (Figura 70).

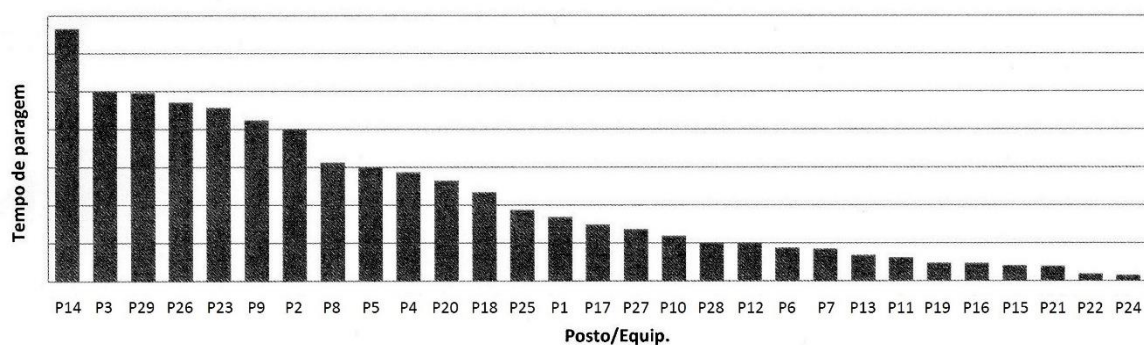


Figura 70 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M5, M6 e M7).



Como TOP 3, verifica-se o P14 em 1º lugar, o P3 em 2º lugar, e o P29 em 3º, juntando os dados dos três meses.

Construindo os mesmos gráficos para cada um dos meses individualmente, é possível observar as variações, através das figuras seguintes.

A Figura 71 demonstra a análise individual para o mês de Maio (M5).

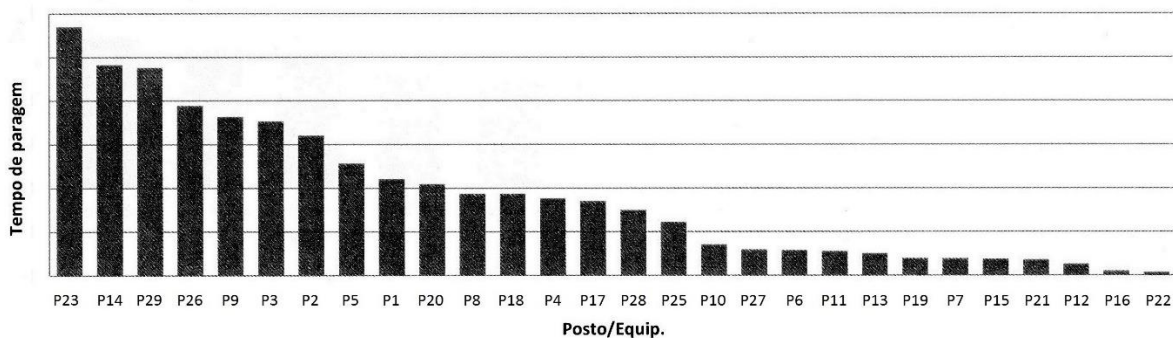


Figura 71 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M5).

Na Figura 72 pode observar-se a análise individual realizada para o mês de Junho (M6).

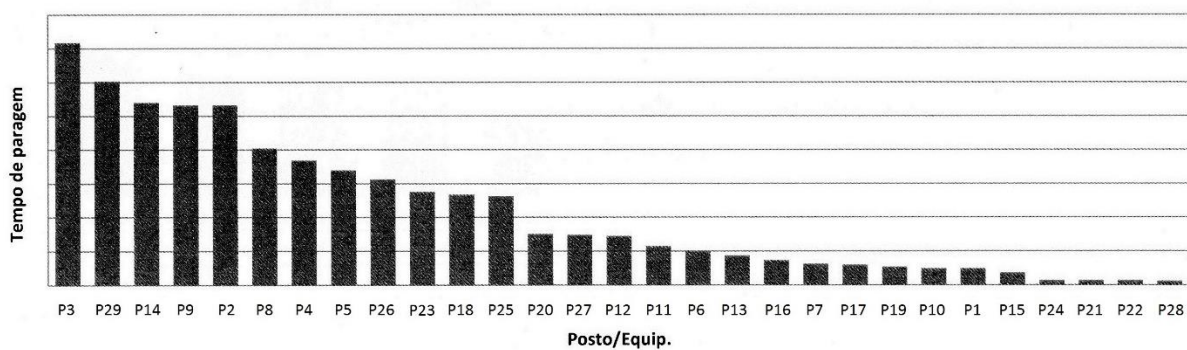


Figura 72 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M6).

E, por último, a Figura 73 indica os resultados para o mês de Julho (M7).

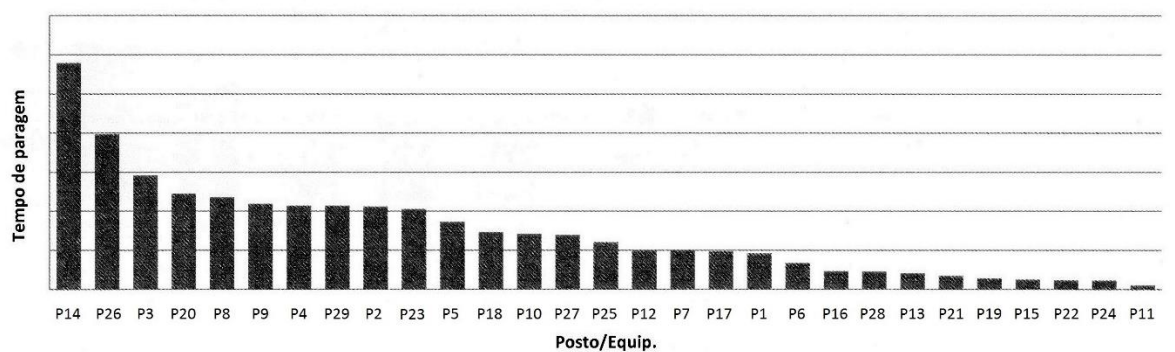


Figura 73 - Representação do Tempo de Paragem por Posto (M7).

Visualizando os três Paretos, avaliando em relação ao Tempo de Paragem, observa-se que o que foi mais crítico em cada mês variou e o TOP 3 não foi sempre constante. Caso se mantivessem sempre nos primeiros lugares os mesmos postos, não era necessário fazer a análise individual a cada mês, bastando olhar para o primeiro gráfico (Figura 70).

Desta forma, pode verificar-se que os problemas não são sempre os mesmos, variando bastante de mês para mês e, por vezes até, de semana para semana, compreendendo-se que é complexa a gestão de toda a UAP em conjunto, de modo a ser possível colmatar os vários tipos de problemas, estando a contribuir para a sua resolução em tempo útil e definindo as prioridades com base na informação o mais atual possível. É, por isso, extremamente importante avaliar sempre a informação com base nos dados mais atualizados, a cada semana, de forma a responder primeiro às necessidades maiores da produção.

Por exemplo, se se comparar o Pareto do mês 7 com o global dos 3 meses, verifica-se que o P3 se manteve como um dos mais problemáticos, que o P26 entra para o TOP 3 dos mais críticos e que o P29 deixa de ser crítico, aparecendo quase a meio do gráfico. Com isto, verifica-se que houve uma melhoria em relação ao P29, sendo essencial perceber se se fizeram ações de melhoria para isso ter acontecido, ou se esta descida na lista apenas se deveu a um aumento superior do N° de *tickets* ou Tempo de Paragem noutros postos. Neste caso, sabe-se que foram tomadas ações de medida para este posto desde o mês 5, podendo deduzir-se que as ações de medida tomadas para eliminar os problemas que existiam em maior número nos meses 5 e 6 resultaram, diminuindo consideravelmente o número de *tickets*. Por outro lado, aumentaram as paragens no posto P26, e foi necessário verificar quais os tipos de defeito que levaram à abertura dos *tickets*, tentando-se perceber quais os tipos de problema com maior número de *tickets* abertos, através de uma 3ª análise.

### 8.3. 3ª Análise

O que interessa mais para poder servir de base nas reuniões de todas as semanas é ter novamente a análise do N° *tickets* ou Tempo de Paragem por cada Posto, apenas para as últimas quatro ou cinco semanas, de modo a tratar os problemas mais atuais, que é, naturalmente, o que faz mais sentido.

Depois desta abordagem, a análise seguinte é tentar perceber quais são os tipos de defeitos que mais se fazem sentir, para se poder chegar à causa-raiz dos problemas, tendo-se feito este tratamento de dados constantemente ao longo do tempo (repetindo-se todas as análises).

Tomando como base a análise dos dados dos meses de Maio, Junho e Julho em conjunto, como foi referido anteriormente (Figura 70), verifica-se que estão no TOP 3 dos mais críticos o P14, o P3 e o P29, se considerarmos o estudo em função do Tempo de Paragem.

Fazendo a mesma análise em função do N° de *tickets*, obteve-se um resultado ligeiramente diferente para os postos que estão no TOP 3 (Figura 74).

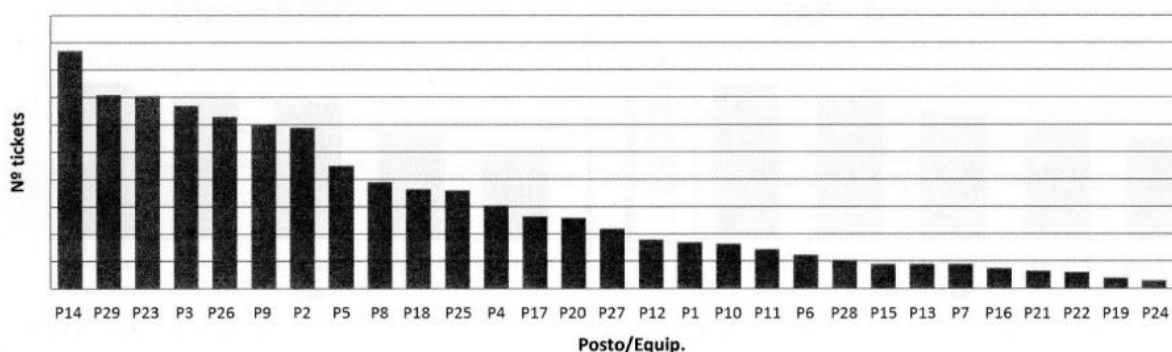


Figura 74 - Representação do Nº *tickets* por Posto (M5, M6 e M7).

Desta forma, determinam-se os postos mais críticos obtendo-se em 1º lugar o P14, seguido do P29 e do P23.

Ainda que o Tempo de Paragem seja a base mais correta para determinar os postos mais críticos, vai-se agora tomar como base os resultados consoante o Nº de *tickets* abertos, estudando a seguir os tipos de problemas dos postos P14, P29 e P23.

Posteriormente, segue-se então para a análise dos tipos de defeito que se verificaram nesse período de tempo, para cada posto/equipamento mais crítico.

Para tal, recorrendo à base de dados extraída, começou-se por filtrar os dados, de modo a obter-se apenas a lista de todos os *tickets* referentes ao posto P14 (1º crítico), neste caso, relativos aos meses 5, 6 e 7 (base temporal considerada). Depois, para cada linha do ficheiro Excel (correspondente a um *Ticket*), classificou-se cada *Ticket*, atribuindo-lhe um tipo de problema associado que se considerou ser o mais adequado. A classificação dos *Tickets* num determinado tipo de problema é algo menos concreto, com base apenas nos comentários da Produção e da Manutenção, na abertura e no fecho do *Ticket*.

Posteriormente, utilizando-se funções do Excel, contou-se o número de *tickets* para cada tipo de problema considerado, de acordo com a classificação realizada, obtendo-se assim um Pareto com a desagregação dos *tickets* em tipos de problema ocorridos. Esta separação foi feita também para o Tempo de Paragem, apresentando-se aqui apenas os gráficos em Nº de *tickets*.

Para o posto P14 obteve-se o Pareto seguinte (Figura 75).



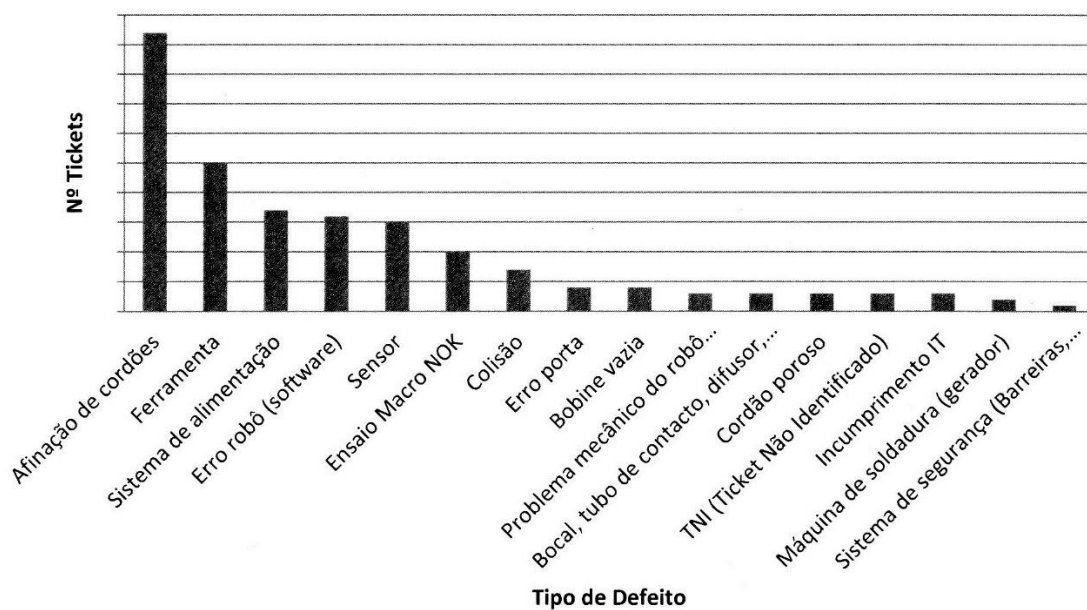


Figura 75 - Representação do Nº tickets por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 14.

O procedimento repetiu-se para os outros postos considerados os mais críticos. A Figura 76 apresenta o Pareto obtido para o posto P29.

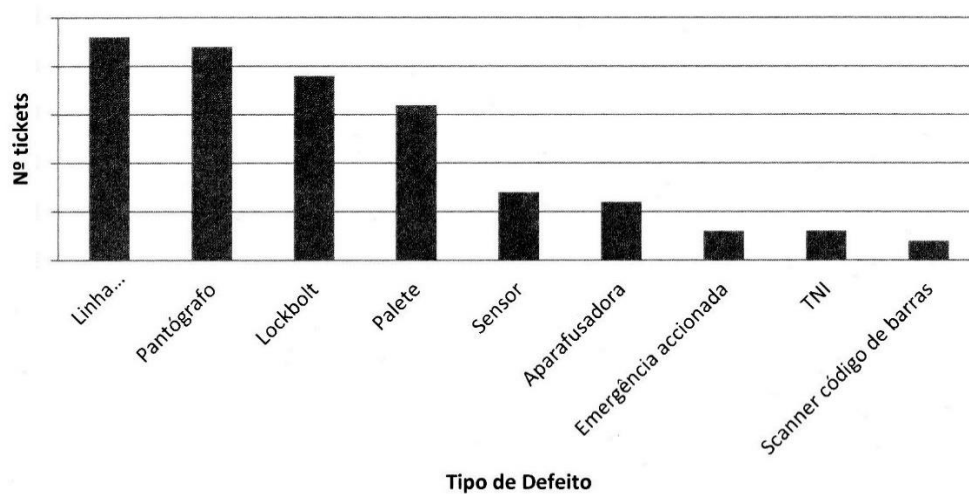
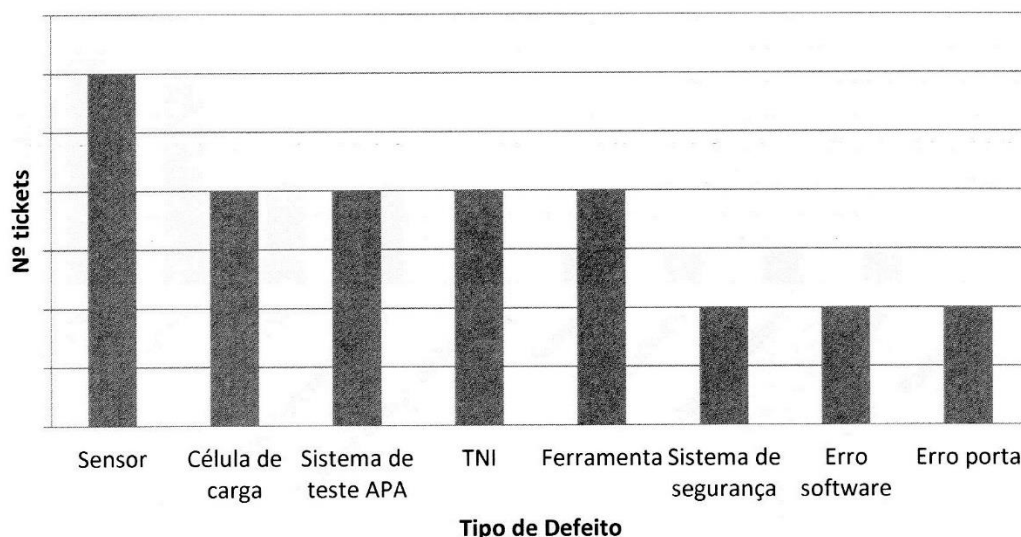


Figura 76 - Representação do Nº tickets por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 29.

Na figura seguinte (Figura 77) ilustra-se o Pareto obtido para o P23.



**Figura 77 - Representação do Nº tickets por Tipo de Defeito (M5, M6 e M7) – Posto 23.**

Claro que está sempre associado um grau de incerteza perante aquilo que se tenta descrever nos comentários aquando da ocorrência de paragens, restringindo-se a classificação à interpretação que é feita por parte de quem os analisa.

Naturalmente, esta análise dos comentários dos *Tickets* para tentar classificar cada *Ticket* num tipo de problema permitiu aprender muito, com a ajuda dos anos de experiência do chefe orientador, e tirando dúvidas com os operadores, sobre o que significavam determinados termos ou mesmo o que eram determinados elementos do produto e processo, que eram referidos nos comentários. À medida que esta análise se foi realizando com a sua atualização ao longo das semanas, o conhecimento foi aumentando bastante, e começou a ter-se noção do que está associado ao processo, da constituição do próprio produto, e das ferramentas, que variam consoante a parte do processo onde estão inseridas, variando também os fatores que influenciam a produção, consoante a GAP à qual pertence o posto em análise.

Prosseguindo no estudo, passando para a análise concreta de acordo com as classificações feitas, começa-se a afunilar os resultados obtidos sucessivamente, de modo a poder iniciar-se a obtenção de conclusões. Ainda que haja uma margem de erro na interpretação dos tipos de problemas, é aceitável tirar algumas das conclusões mais óbvias.

Começando pela análise concreta do Pareto obtido para o posto P23 (que é 3º lugar no Pareto do Nº de *tickets* por cada Posto) (Figura 77), deve iniciar-se a abordagem referindo que este posto pertence ao Projeto 2, e é um posto específico de Inspeção Final, onde é feito o controlo funcional do produto após chegar ao fim da linha de Montagem. Neste posto são testadas todas as funcionalidades do banco final, sendo que o produto tem de passar a todos os testes para poder seguir para o cliente. Qualquer banco que não passe no posto de Inspeção Final tem obrigatoriamente de ser retrabalho, consistindo o retrabalho na remoção de todos os rebites e parafusos colocados para união das peças, devendo desmontar-se todo o banco para que volte ao início da linha de Montagem.

Observando o Pareto (Figura 77), a análise indica que os problemas com sensores foram os que originaram mais pedidos de intervenção no período considerado. Sabe-se, por todo o período de estágio em que foi possível conhecer melhor os equipamentos, que os sensores são normalmente uma das grandes fatias que justifica a abertura de *tickets*, pois existem em grande número em praticamente toda a linha de produção.

Por outro lado, este gráfico demonstra a altura em que a célula de carga estava constantemente a dar erro. A célula de carga é um componente deste posto que tem uma função importante. É utilizada em fases específicas da inspeção, nomeadamente, quando o seu braço se posiciona entre o assento e o encosto (tendo em conta que o banco é montado na ferramenta com o encosto baixado) e exerce uma força pré-definida no banco, de tal forma que o encosto tem de levantar até atrás e, no retorno, tem de acompanhar o movimento da célula de carga, devendo baixar simultaneamente com ela. Quando não acontece isto, ou seja, quando o encosto não baixa no retorno do movimento, normalmente, o problema pode estar nas corredeiras, que podem estar com um esforço superior ao que era suposto, prendendo o movimento; isto porque, quando o encosto vai atrás, voltando depois à frente, as corredeiras têm de acompanhar também esse movimento, deslizando ligeiramente (isto relaciona-se com a dinâmica da própria estrutura base que sustenta todo o banco).

Adicionalmente, o Sistema de Teste APA também aparece aqui nos primeiros lugares do gráfico. Este é um dos testes funcionais que é feito ao banco. Em relação a este defeito, pensou-se em classificar por “Sistema de teste APA” tudo o que constituísse a base que influencia o funcionamento deste teste específico, considerando-se todos os *tickets* que referissem sensores deste teste ou qualquer parte da ferramenta pertencente ao sistema em causa, sendo que este gráfico já foi obtido com essa classificação. Este sistema serve para testar o movimento *Easy Entry* do banco, correspondente ao movimento que o banco faz para a frente quando é necessário entrar para a fila dos bancos de trás do automóvel (como por exemplo, no caso de carros de cinco lugares que só têm três portas).

Neste posto é frequente também ocorrerem problemas com os cilindros, ou outro tipo de problemas mecânicos na ferramenta.

Prosseguindo com a análise do posto P29 (Figura 76), tendo em conta que este posto sustenta a linha de Montagem do Projeto 2, verifica-se que “Linha”, “Pantógrafo”, “Lockbolt” e “Palete” são os tipos de problema que originaram a abertura de um maior número de *tickets* no período considerado, sendo normalmente os componentes que dão mais problemas nas linhas de Montagem.

A classificação “Lockbolt” refere-se a tudo o que são problemas mecânicos ou que façam parte dos componentes da pistola de rebitagem Lockbolt. Por sua vez, o “Pantógrafo” é o componente do posto que sustenta a pistola Lockbolt, controlando o seu movimento através dos sensores quem tem agregados e que confirmam a correta sequência de rebitagem. A “Palete” é específica deste posto, sendo um dos cinco tipos de paletes referidos anteriormente. Já a classificação de “Linha” refere-se a todos os componentes diretos que constituem a linha de Montagem,

incluindo sensores, batentes (cilindros), linguetes (travões das paletes ao longo da linha), rolamentos e outros componentes mecânicos, etc.

De seguida, aparecem os sensores que, no geral, como já foi referido, são bastantes, e é normal que provoquem a abertura de um número de *tickets* superior. Depois, existem ainda outros tipos de problemas, que aparecem em menor número, como a “Aparafusadora”, entre outros.

A grande parte dos problemas que aparecem em grande número no gráfico, ocorrem normalmente mais ou menos com a mesma frequência ao longo do tempo, não sendo apenas resultado da análise que originou este Pareto.

Passando agora para a análise do Pareto relativo ao posto mais crítico de todos, procedeu-se ao estudo do posto P14 (Figura 75). Este posto pertence também ao Projeto 2 e espera-se que a maior parte dos *Tickets* tenham a ver com problemas de soldadura, já que é um posto de Soldadura MAG robotizada.

Verifica-se logo que um dos tipos de defeito considerado na classificação realizada é o que mais salta à vista. Trata-se do problema da Afinação de Cordões.

Quando se abre um *Ticket* para Afinação de Cordões é, normalmente, porque os cordões de soldadura estão a sair mal, ou deslocados, ou incompletos, ou porosos, por exemplo, ainda que quando saem cordões porosos, estes sejam classificados como um problema à parte, pois sabe-se qual é a única causa possível para isto acontecer.

Este tipo de problema tem um vasto leque de causas possíveis, de acordo com o cordão que está a dar problemas, e de acordo com o defeito específico que o cordão apresenta.

Nestes casos, normalmente, a ação que a pessoa da Manutenção realiza é corrigir a trajetória do robô, afinando o posicionamento da ferramenta em relação aos pontos que o robô está programado para soldar.

Depois, é frequente muitas vezes existirem paragens devido a problemas de ferramenta, muitas vezes devido à pressão de ar nos grampos da ferramenta (que trancam as peças), ou outro tipo de problemas mecânicos.

O Sistema de alimentação aparece neste caso em 3º lugar, sendo considerado um elemento crítico, na medida em que ocorrem frequentemente pedidos de intervenção para este problema. Isto acontece devido à complexidade do sistema de alimentação, no sentido que agrega vários componentes que, se por qualquer razão se tornarem menos funcionais, podem facilmente provocar falhas à totalidade do seu funcionamento. Espera-se que o número de pedidos de intervenção devido ao sistema de alimentação vá diminuir bastante, após a Transferência de Tarefas estar concluída, já que a Produção vai passar a ser responsável por todas as tarefas relacionadas com os componentes do sistema de alimentação, que inclui, como já foi referido, a desmontagem e limpeza de toda a guia do robô, a limpeza dos motores de alimentação, a verificação do estado da estação de limpeza, todos os procedimentos necessários para a troca da bobine, etc.

Já os erros de *software* acontecem de vez em quando, consistindo em momentos em que o robô bloqueia ou pára de repente durante o ciclo de programação. Nestes casos, é necessário fazer *reset* ao equipamento, colocando-o na posição de origem e estabelecendo as condições iniciais para se proceder ao início de ciclo da máquina.

Aparecem novamente os problemas com sensores, mantendo-se com um grau de importância ainda considerável em relação aos restantes.

Tem-se também os “Ensaio Macro NOK”, que são problemas específicos em que um *Ticket* é aberto normalmente com o acompanhamento de um responsável da Qualidade. Um Relatório Macrográfico é o resultado de um teste ou ensaio feito em laboratório a uma peça recolhida da produção, existindo um plano de ações pré-estabelecido que indica qual a frequência com que estes testes devem ser feitos. A peça é escolhida de forma aleatória, desde que, a olho nu, não se verifique uma não conformidade óbvia (nestes casos, já não interessa ir para o laboratório). Estes testes consistem no corte de cordões de soldadura, avaliando a sua penetração (parâmetro principal), a sua garganta, eventuais porosidades ou fissuras, etc. O resultado destes relatórios indica se os cordões de soldadura estão ou não conformes e, caso não estejam, procede-se à abertura de um *ticket* para afinação de cordões no robô de soldadura ou para proceder a outras ações que o responsável de Qualidade considere as mais adequadas, de acordo com os resultados dos relatórios.

Depois, existem outros tipos de problemas, como por exemplo, a “Colisão”, que se refere às situações em que o robô bate na ferramenta por algum obstáculo que não deveria existir; por exemplo, por vezes, o robô colide com a ferramenta (mesa de rotação) devido a uma peça mal montada.

Outro aspeto que se pode referir é quando a bobine fica vazia. Os casos de abertura de *tickets* devido à bobine estar vazia acontecem sempre que o fio de alimentação acaba, e não podem ser resolvidos pela Produção, já que a troca da bobine é ainda realizada pela Manutenção, só sendo transferida para a Produção depois de ser concluída a Transferência de Tarefas. Por outro lado, esta tarefa é complexa e requer a desmontagem de várias partes do sistema que integra o robô, incluindo abrir os carretos, abrir os encaixes dos vários componentes, desmontar toda a guia, desapertar a tocha e, caso necessário, desapertar componentes da ponteira da tocha (normalmente, o tubo de contacto). Considera-se que compensará esta tarefa ser realizada pela Produção, já que, sendo a Manutenção a ter de resolver o problema, acresce o tempo de espera da chegada de alguém ao local.

Como já foi referido, um dos grandes objetivos era ajudar essencialmente ao nível da Manutenção Preventiva, de modo a melhorar a eficácia do trabalho da Manutenção, contribuindo para a melhoria da gestão das suas tarefas.

Uma das decisões para melhoria foi escolher um operador que fosse a melhor opção para realizar manutenção na linha. A ideia seria que esta manutenção fosse sustentada por uma pessoa específica que tivesse uma função diferente, trabalhando ao pé da Produção e garantindo a assistência necessária para apoiar diretamente a Produção ao longo de cada turno. Esta pessoa estaria mesmo a trabalhar nas GAP's, tornando também a Produção mais autónoma, já que, no

fundo, fará parte dela. Consequentemente, a própria UAP tornar-se-á mais autónoma, e capaz de resolver uma grande parte dos problemas que são neste momento tarefa da Manutenção.

Esta pessoa ficaria responsável por várias tarefas que seriam geridas com base num bom plano de manutenção, de modo a garantir a manutenção referente ao processo em causa.

Esta é uma ação de melhoria que, a concretizar-se, iria trazer vantagens na diminuição de tempos de espera pela Manutenção aquando da abertura de *tickets*, por exemplo, para além de se melhorar a eficácia da Manutenção Preventiva, já que esta pessoa iria assegurar, para além da manutenção às paletes da linha, todas as outras tarefas de necessidade principal da Produção ao nível da Manutenção Preventiva.

### **8.3.1. Problema da Afinação de Cordões**

No geral, o elevado número de *tickets* abertos para Afinação de Cordões é um dos problemas principais de toda a UAP. Por esta razão, procedeu-se a uma análise mais aprofundada acerca deste problema.

O exemplo indicado anteriormente é referente ao posto P14 (do Projeto 2). Mas verifica-se a mesma tendência também noutros postos de Soldadura MAG, que dão normalmente os mesmos problemas, como os postos P3 e P2 (do Projeto 1), onde o problema da Afinação de Cordões aparece sempre nos primeiros lugares do respetivo Pareto.

Para proceder a uma análise mais detalhada, começou-se por recolher informação sobre o Registo de Não Conformes. Este é um registo que os operadores das cabines de retrabalho de soldadura manual fazem, sempre que é necessário corrigir cordões. Nas máquinas manuais, soldam os cordões que saíram mal (cordões *Not OK*, ou cordões NOK), retrabalhando as peças para a fase seguinte (Montagem).

Assim, sempre que ocorre a necessidade de corrigir cordões, é feito um registo dos cordões que deram mal, num documento pré-estabelecido: Registo de Não Conformes.

Para além disto, recolheu-se também informação sobre os cordões não conformes como resultado de relatórios macrográficos. Uma vez que os relatórios Macro se baseiam apenas numa amostra das peças, ainda que seja um teste esclarecedor e preciso, a linha de condução inicial foi o registo diário da produção, já que é o que nos dá o número total de cordões NOK durante o decorrer da produção, que é o que mais interessa numa fase inicial. Depois, numa fase posterior, se se encontrar um conjunto claro de cordões mais críticos, interessa saber qual foi o problema específico do cordão. Isto é, para além de saber se apresentava porosidades, deslocamento ou vazamento (defeitos visíveis a olho nu pela Produção), será mais importante saber principalmente qual a sua penetração (parâmetro principal de um cordão de soldadura) ou se apresentava fissuras, por exemplo, e, neste caso, iriam consultar-se os resultados do laboratório, nos relatórios Macro.

Desta forma, partindo apenas do Registo de Não Conformes, através destes dados, criou-se um ficheiro de análise para tentar perceber quais os cordões que saíram mal mais vezes para uma determinada base temporal, obtendo-se assim os cordões mais críticos.

Esta análise concluiu-se para o Projeto 1, e ia sendo também atualizada todas as semanas para apresentar nas reuniões. Para o Projeto 2, iniciou-se apenas o tratamento de dados no Excel, não tendo sido possível concluir no período de estágio. O objetivo seria poder retirar facilmente a informação todas as semanas, da mesma forma que foi realizado para o Projeto 1.

Cada projeto possui um número total de cordões definidos para cada conjunto de peças que é soldado em qualquer um dos postos que têm esse fim. Cada posto específico de soldadura, está programado para soldar um determinado número de cordões, em cada ciclo da máquina, de acordo com o conjunto que é montado na ferramenta, quer seja pertencente à estrutura do assento ou relativo à parte do encosto.

Considerando apenas o Projeto 1, o tratamento de dados foi realizado separando os assentos dos encostos, tendo em conta que cada banco se divide fundamentalmente por estas duas partes, sendo referidas como AT e ET, respetivamente. O “T” indica “traseiro”, já que a UAP em causa produz apenas bancos traseiros, como referido na introdução inicial.

Restringindo a análise para os assentos (AT), construíram-se então os primeiros Paretos com base no Registo de Não Conformes da Produção. Para uma base temporal desde o início do ano até Novembro (W1 a W45), obteve-se o gráfico seguinte (Figura 78).

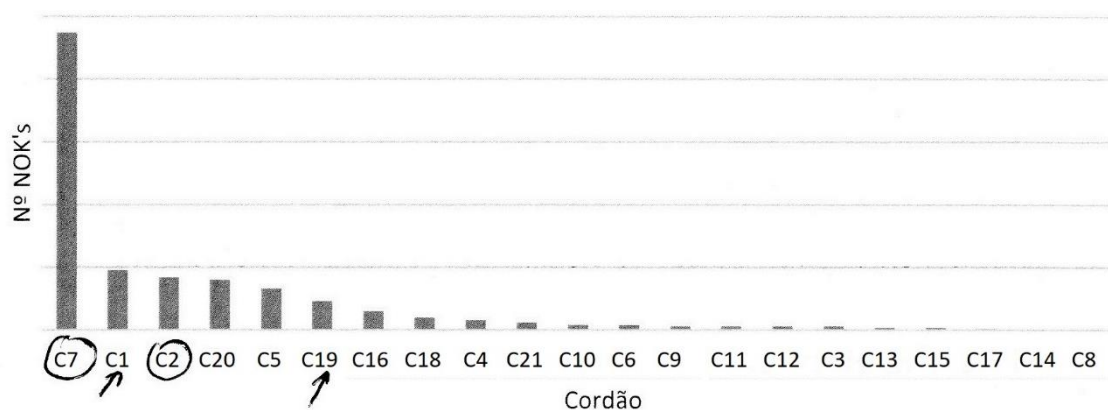


Figura 78 - Representação gráfica do Nº cordões NOK em função do Cordão em causa (W1 a W45) - AT.

Começando a aprofundar o estudo do problema de Afinação de Cordões, pode perceber-se melhor através deste Pareto, quais os cordões mais críticos.

O gráfico repetiu-se para um período de tempo mais curto, correspondente ao momento mais atual (Figura 79).

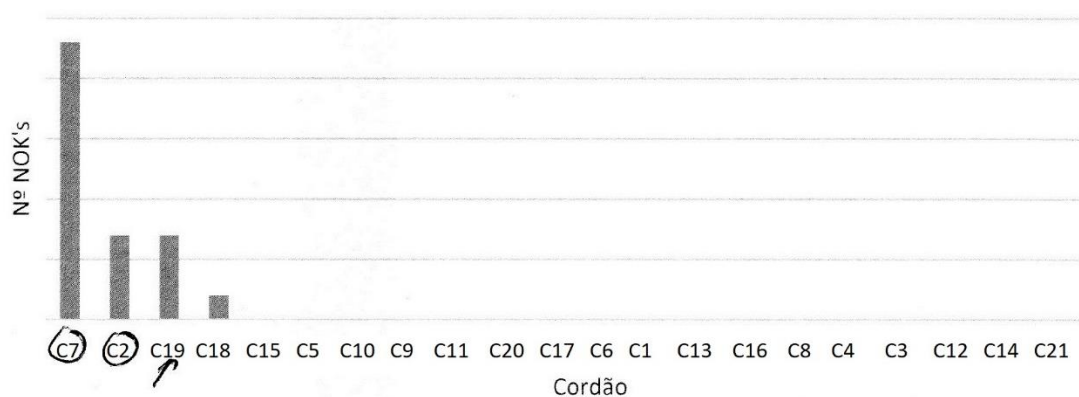


Figura 79 - Representação gráfica do Nº cordões NOK em função do Cordão em causa (M10 e M11) - AT.

O objetivo é sempre basear este tipo de análises nos dados o mais atuais possível. Se se comparar o gráfico mais atual com o Pareto geral dos dados da maior parte do ano, observa-se que, apesar do TOP 3 não coincidir totalmente, os cordões C7 e C2 aparecem nos primeiros lugares no gráfico dos problemas mais atuais, e aparecem também como prioridade no gráfico geral, mantendo-se ambos dentro do TOP 3, com um maior número de não conformidades (NOK's).

O 3º crítico no Pareto mais atual não é o mesmo cordão que aparece em 2º lugar na análise geral, aparecendo só mais à frente, como indica a Figura 78. Por esta razão, e com base também na comparação com resultados idênticos obtidos para outras bases temporais (Paretos que não estão aqui referidos), começou-se por estudar mais ao pormenor os cordões C7 e C2, considerando estes como os primeiros críticos, no caso dos AT do Projeto 1.

Assim, para perceber porque é que existem determinados cordões que dão mal com mais frequência (como é o caso dos cordões C7 e C2), é necessário estudar quais foram os defeitos em cada ocorrência.

Nos documentos de Registo de Não Conformes, para além do registo de qual foi o cordão que saiu mal, a Produção regista também o tipo de defeito que identifica a olho nu, antes de proceder ao retrabalho da peça. Nesta fase, o estudo prosseguiu com base nesta informação, e o tratamento de dados foi realizado obtendo-se gráficos com o Nº de defeitos em função do Cordão com defeito, e também em percentagem (%) de defeitos.

Tomando como base o período temporal desde o início do ano até ao momento mais atual (W1 a W45), a figura seguinte (Figura 80) mostra o Pareto obtido para o cordão C7, em percentagem (%) de defeitos.



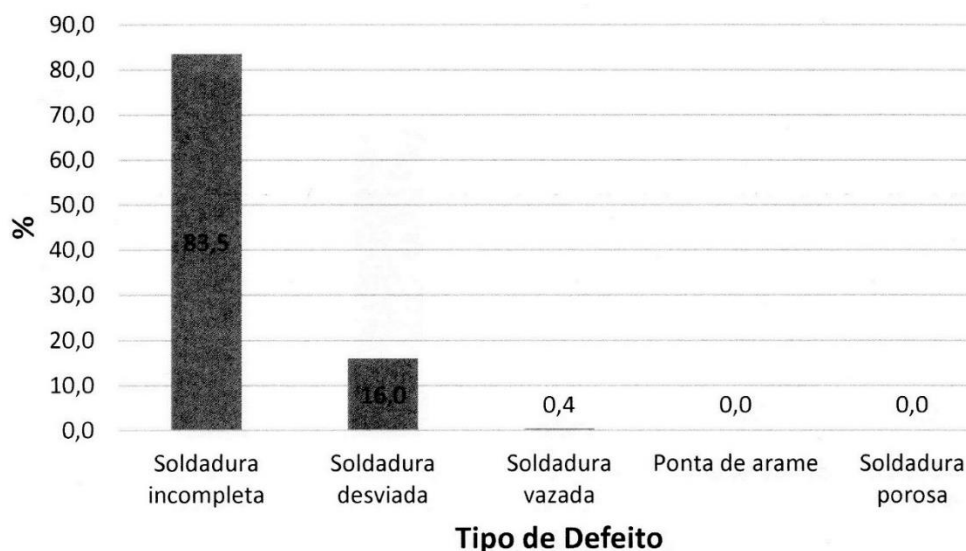


Figura 80 - Representação gráfica da % Cordões NOK em função do Tipo de Defeito (W1 a W45) – AT – Cordão nº 7.

Obteve-se o mesmo Pareto para o cordão 2, podendo observar-se os resultados obtidos através da Figura 81.

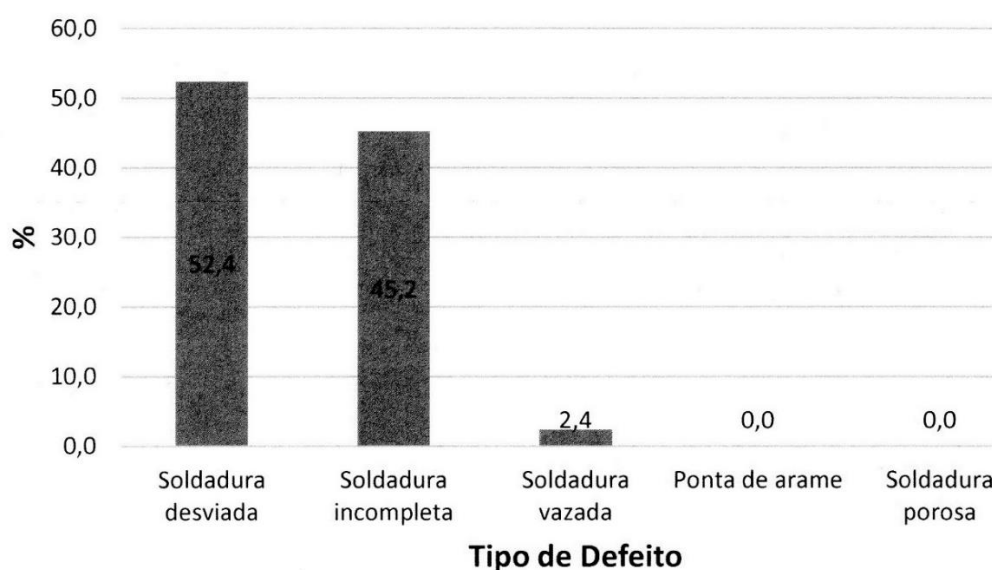


Figura 81 - Representação gráfica da % Cordões NOK em função do Tipo de Defeito (W1 a W45) – AT – Cordão nº 2.

Para qualquer um dos cordões, verifica-se que os principais problemas são “Soldadura desviada” e “Soldadura incompleta”, seguindo-se depois a “Soldadura Vazada”.

Para melhor perceber cada um destes tipos de defeito, é necessário referir primeiro o que são e o que podem significar, no sentido de se apurar as suas causas possíveis.

O estudo realizado baseou-se neste intuito, ou seja, tentar perceber quais são as eventuais causas de cada problema.

Os principais defeitos considerados são a porosidade (cordão poroso), o deslocamento do cordão em relação ao centro da zona de união das peças (cordão desviado/deslocado), uma soldadura incompleta, em que o comprimento do cordão é menor que o previsto para unir a zona em causa (cordão incompleto), ou a ocorrência de vazamento do material, quando a solda fura e rompe mesmo a chapa (cordão vazado). Estes são o tipo de defeitos que se detetam facilmente a olho nu.

Cada um destes tipos de defeitos pode ter diversas causas.

Se o defeito do cordão for porosidade (Figura 82), sabe-se desde logo qual é a única causa possível.



**Porosidade**

**Figura 82 - Defeito de porosidade no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

Quando se obtém um cordão poroso, a causa está no gás de proteção. Se se formaram poros, à partida, ocorreu uma das duas situações: ou o caudal de gás foi insuficiente, ou esteve presente em excesso. Este defeito demonstra a importância de se regular o caudal, controlando e medindo o gás à saída da ponteira da tocha com uma determinada frequência sistemática (indicação referida aquando da elaboração dos documentos SW para Transferência de Tarefas).

A ação do gás tem tudo a ver com este tipo de defeito, influenciando bastante a qualidade da soldadura, de acordo com a sua constituição. Neste caso, a mistura de gás utilizada é essencialmente de Árgon e CO<sub>2</sub> (Soldadura MAG – *Metal Active Gas*).

O gás de proteção forma uma barreira que impede que o oxigénio da atmosfera envolvente entre em contacto com o banho de fusão; é esta a sua função. Mas o gás de proteção não reage com as moléculas do ar para impedir este contacto. O que acontece é que, se o gás estiver em défice, permite a passagem do oxigénio do ar para o banho. Por sua vez, o oxigénio pode oxidar o metal e, em conjunto com o nitrogénio e a humidade do ar, provoca poros no material (bolhas de ar que ficam retidas no interior ou à superfície do cordão, traduzindo-se em espaços vazios que não se conseguem preencher após o início da solidificação do material). (*Documentação*

*interna da Empresa*) Já o excesso de caudal de gás provoca turbulência no banho, o que causa instabilidade, podendo também provocar a formação de poros.

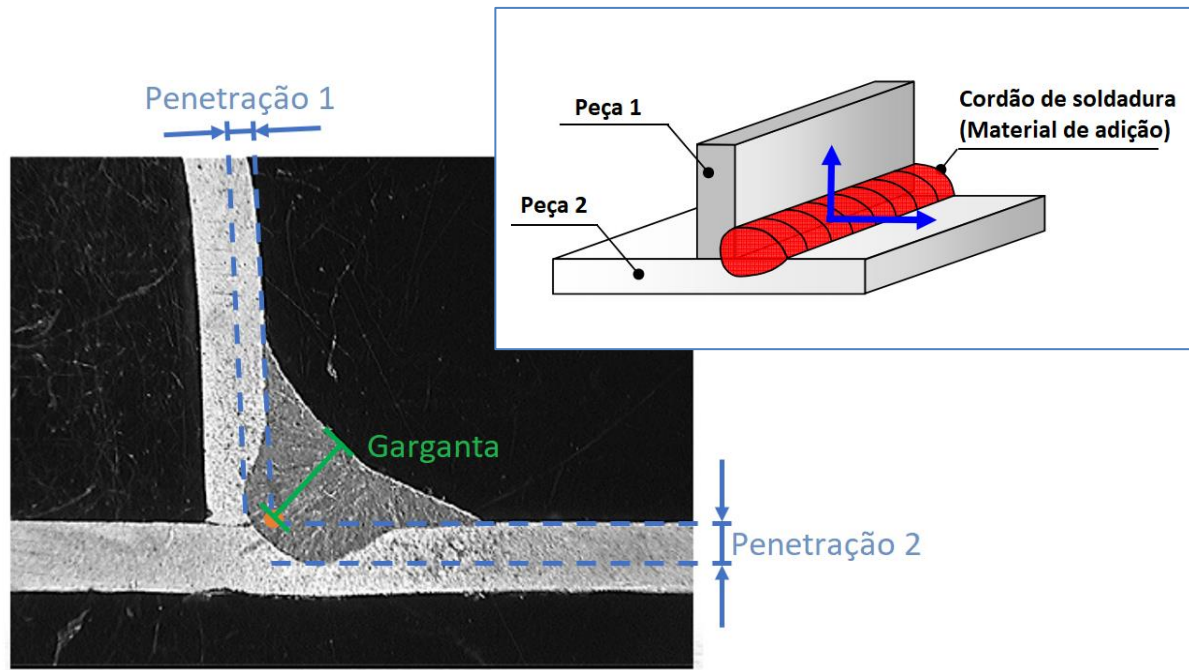
Nos casos em que o cordão resultante está deslocado, houve claramente um desequilíbrio entre a direção da deposição do material de adição e a posição da zona de união. O deslocamento do cordão (soldadura desviada ou deslocada) consiste no desvio da sua posição em relação ao centro da zona de união (Figura 83).



**Figura 83 - Defeito de desvio no cordão de soldadura [Adaptado de Documentação interna da Empresa].**

Este defeito pode ter um grande número de causas, como o encaixe incorreto da peça na ferramenta, ser o resultado de um defeito de peça primária (defeito de fabrico da própria peça), o incorreto posicionamento da tocha (devido a um eventual desvio da tocha em relação ao braço do robô), ou mesmo devido à própria trajetória do robô (programação), que pode estar desalinhada, interferindo com as cotas de posicionamento do robô no respetivo ciclo da máquina.

Para uma análise mais profunda dos defeitos, avalia-se a penetração de soldadura e a garganta do cordão (Figura 84).

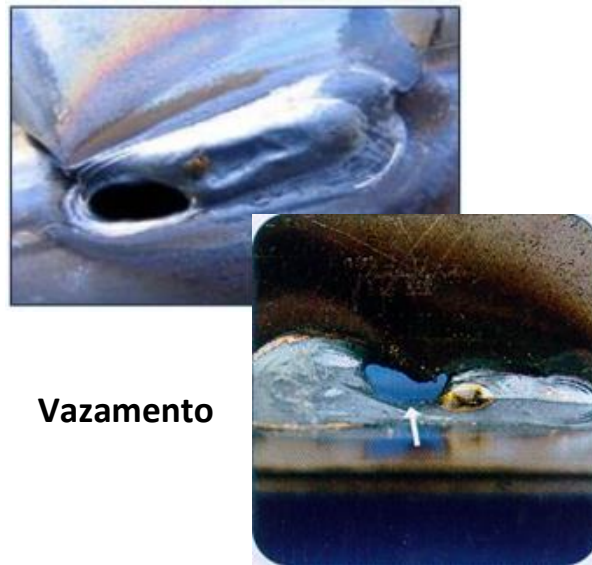


**Figura 84 - Parâmetros principais que definem a qualidade do cordão de soldadura [Adaptado de Documentação interna da Empresa].**

A distância entre a superfície do material base (peça) e a reta paralela que define a profundidade do cordão é denominada de penetração de soldadura.

Existe ainda outro parâmetro de soldadura que é utilizado para avaliar a qualidade do cordão: a garganta. Este parâmetro define a distância entre o ponto de interseção das superfícies iniciais das peças e a superfície da solda, como é possível perceber melhor através da figura.

Têm-se também os casos frequentes de cordões vazados. Este defeito traduz-se no vazamento do próprio material, em que a fusão é excessiva, furando e rompendo a chapa (Figura 85).



**Vazamento**

**Figura 85 - Defeito de vazamento no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

Para melhor se entender esta ocorrência, é preciso compreender algumas variáveis mais específicas do processo.

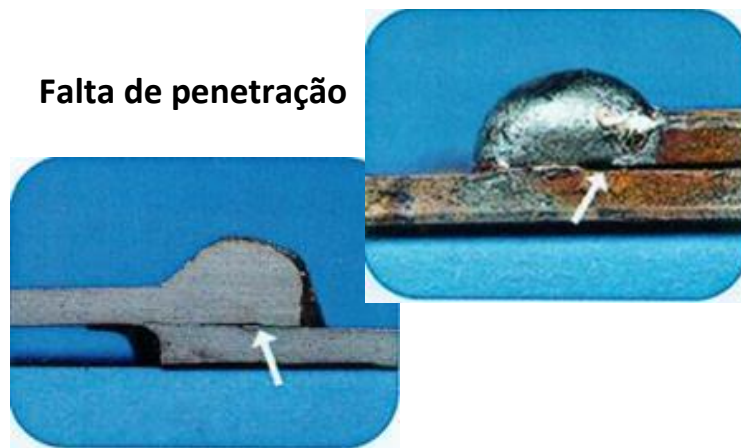
Durante a soldadura, a velocidade de fusão do fio e a velocidade com que este se move em direção ao material a soldar devem estar em equilíbrio e, quanto maior for este equilíbrio, mais contínuo e estável vai ser o processo. A nível industrial, normalmente, não faz sentido sequer distinguir estas duas velocidades, pois os equipamentos já vêm programados para que ambas as velocidades coincidam sempre, já que, de outra forma, o processo não funcionaria. Assim, a taxa de fusão do material de adição e a velocidade de deslocamento do fio são uma só, já que, quando o fio sai, é imediatamente fundido e, sobre este aspeto, a fábrica normalmente não precisa de se preocupar.

Por outro lado, há a relação entre a velocidade de avanço de fio e a velocidade de deslocamento da tocha, e estas sim, são uma preocupação para a empresa. As duas velocidades têm também de estar em equilíbrio e, se isto não estiver a acontecer, a soldadura pode ser afetada e o cordão de soldadura pode sair mal.

Se a velocidade de deposição do fio for superior ao deslocamento da tocha, a soldadura pode vazar e furar o material, por se estar a debitar muita quantidade de material sem que a tocha avance para a frente o suficiente (excesso de penetração), e cria-se uma maior concentração de calor e de material fundido, que rompe a chapa.

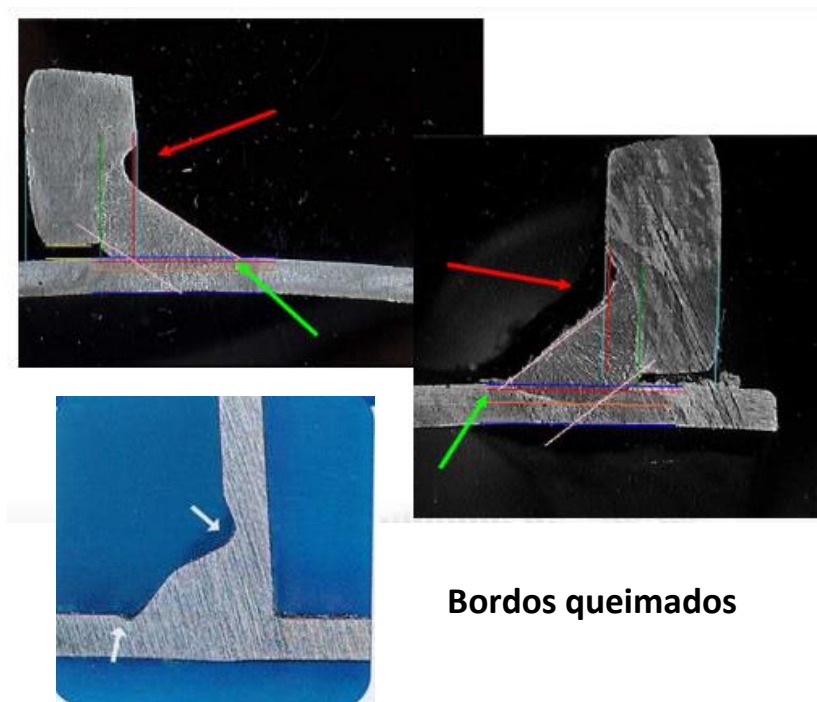
Por outro lado, pode ocorrer o contrário; pode ter-se a tocha a andar demasiado depressa em relação ao movimento de avanço e deposição do fio, não dando tempo para o material preencher a zona de união de forma consistente, debitando em quantidade insuficiente a cada ponto de avanço, e impedindo que haja uma boa penetração do cordão. Neste caso, ocorre falta de penetração (Figura 86).





**Figura 86 - Defeito de falta de penetração no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

Pode também obter-se um cordão de soldadura com os bordos queimados (Figura 87).



**Figura 87 - Defeito de bordos queimados na soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

Este tipo de defeito pode formar-se por não se ter depositado material de adição suficiente para encher a junta de soldadura, ou porque se fundiu o material de base (material a unir) sem depositar material de adição (Documentação interna da Empresa).

Pode depois ocorrer ainda a situação em que se obtêm cordões incompletos, em que o cordão não tem o comprimento que deveria ter, ou porque terminou antes do tempo ou porque se iniciou mais tarde.

Tal como na soldadura deslocada, uma soldadura incompleta pode dever-se também a um eventual erro de cotas na trajetória do robô, um incorreto posicionamento da tocha, ou ainda resultar de um encaixe incorreto da peça na ferramenta. Pode ainda derivar de problemas com o avanço de fio (devido a problemas com a máquina de soldar). Para melhor se avaliar as causas deste tipo de defeito é importante perceber em que zona pré-definida do cordão é que ele está incompleto (se no início, no meio, ou no fim).

As projeções (ou salpicos) são outro tipo de defeito, consistindo precisamente na projeção de porções de material para fora da zona pretendida durante o processo, projetando-se para a zona do cordão já formado, ou para zonas próximas da região de união. A Figura 88 indica exemplos deste tipo de defeito.



**Projeções (Salpicos)**

**Figura 88 - Defeito de projeções no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

As projeções são provocadas pela instabilidade do banho que, por sua vez, pode ser provocada pela formação instável do arco elétrico que se cria entre o banho e o fio de alimentação. O arco elétrico começa a formar-se quando a gota se destaca e, se por um lado, o aumento da corrente elétrica deve ser suficiente para aquecer o metal e permitir a sua transferência, por outro, não pode ser excessivamente elevada, e o seu aumento tem de ocorrer a uma velocidade ponderada, para evitar a ocorrência de salpicos no momento da separação da gota da ponta do fio de alimentação. (José F. Oliveira Santos, 1998) O comprimento do arco tem de ser corretamente definido para que não ocorra defeito no resultado da soldadura. Assim, se a tensão elétrica do arco for demasiado elevada, promove a ocorrência de salpicos.

Também o caudal de gás influencia se existir em excesso (como foi referido anteriormente), já que pode gerar turbulência no banho.

Por outro lado, pode ocorrer falha de arco se o comprimento do arco não for suficiente para destacar a gota de metal no momento em que esta é transferida para o banho (Figura 89).

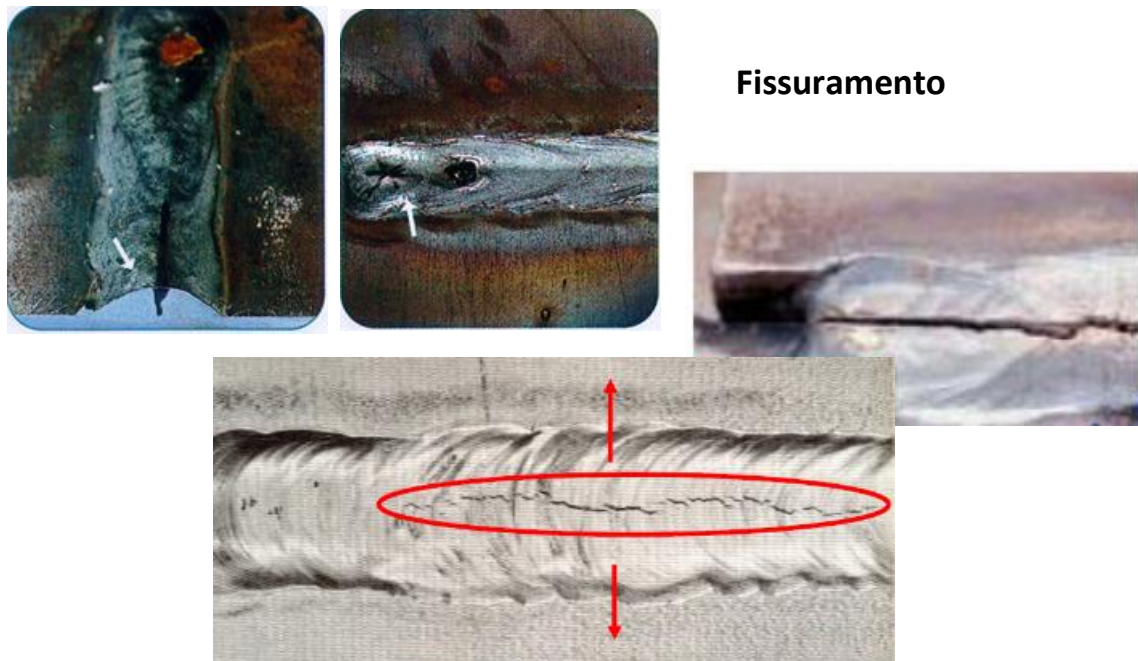


**Figura 89 - Defeito de falha de arco no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

A velocidade de fusão do fio de alimentação deveria ser tal que permitisse garantir um comprimento de arco constante. Na realidade, isto não acontece, pois a velocidade de avanço de fio não é totalmente constante durante o processo e, ao longo do tempo, varia o instante em que a gota deixa de ter contacto com a ponta do fio, e varia o momento do contacto da gota com o banho. Para além disso, o movimento da tocha também pode variar em relação aos restantes parâmetros, podendo não permanecer constante a sua velocidade de deslocamento. (José F. Oliveira Santos, 1998) Tudo isto influencia o comprimento do arco elétrico formado e, se no momento do impulso, o comprimento do arco que se forma não for suficientemente grande para abranger todo o material, a gota não se destaca e a deposição de material é menor, originando um cordão escanzelado, de baixa consistência e robustez e, portanto, com pouca penetração.

Já as fissuras (Figura 90) são defeitos normalmente detetados no laboratório (com base nos resultados de relatórios Macro), e são dos defeitos mais graves de soldadura, pois propagam-se rapidamente.





**Figura 90 - Defeito de fissuramento no cordão de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].**

As fissuras ocorrem quando o material arrefeceu a velocidades diferentes em cada ponto/zona do cordão e quando não se obtém um cordão homogéneo (Documentação interna da Empresa), tirando-lhe a consistência e robustez necessária à união.

A velocidade de arrefecimento do material nas várias zonas do cordão é naturalmente diferente, na medida em que, no momento em que uma determinada zona está em fusão (zona próxima ou em contacto com o banho), outras já formam o cordão mais atrás e, quanto mais longe estiverem do banho, mais solidificadas estão.

O fissuramento dá-se pelas diferenças de velocidade de arrefecimento das várias zonas, não longitudinais (relativas ao comprimento ao longo do cordão), mas sim transversais à largura do cordão. As fissuras são provocadas pela contração promovida pelas zonas das extremidades laterais, que estão diretamente em contacto com o material base, e que, por isso, estão mais frias em relação ao centro do cordão. Assim, as zonas mais frias (mais distantes do eixo central) provocam forças de contração nas zonas mais afastadas das extremidades do cordão (mais quentes), cuja velocidade de arrefecimento é menor. Desta forma, as zonas mais frias (extremidades) podem exercer forças de contração em zonas do cordão que ainda podem estar quentes ou a iniciar a solidificação, provocando a fissura (Documentação interna da Empresa).

Depois, existem ainda outros tipos de defeitos possíveis, que podem ocorrer também devido à grande maioria de causas comuns às dos outros tipos de defeito referidos. A Figura 91 mostra o aspeto de alguns destes defeitos, dando uma ideia do que são efetivamente.

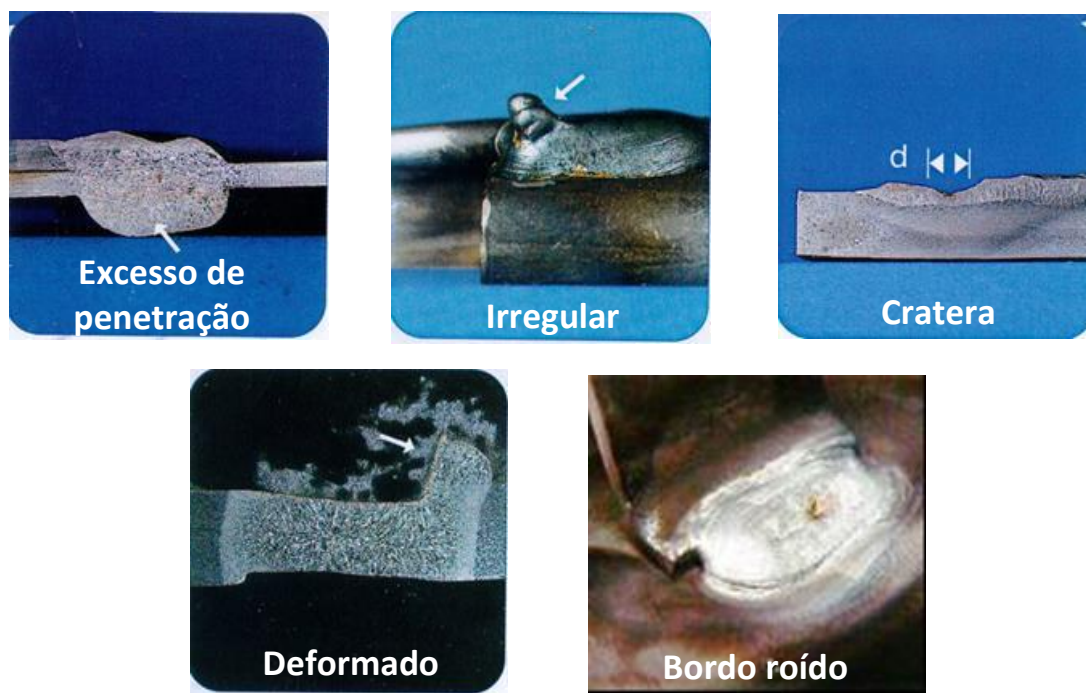


Figura 91 - Outros tipos de defeitos de soldadura [Fonte: Documentação interna da Empresa].

Em suma, uma soldadura ideal seria o exemplo indicado na figura seguinte (Figura 92).

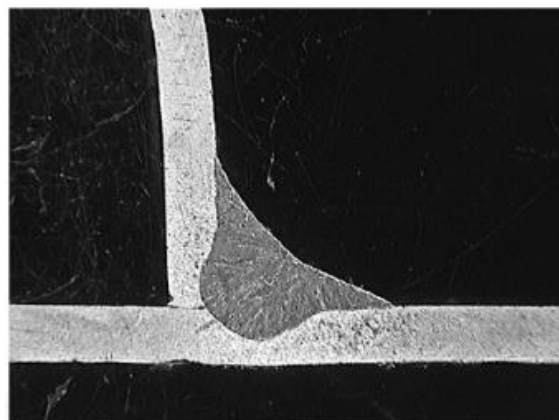


Figura 92 - Soldadura ideal [Fonte: Documentação interna da Empresa].

O cordão está centrado na junta, é homogêneo, tem boa penetração, e ausência de bordos queimados, porosidades ou fissuras.

Para além de se avaliarem os tipos de defeitos dos cordões de soldadura para tentar chegar às suas causas-raiz, é importante estudar o equipamento e o processo que sustentou a produção dos defeitos obtidos.

No caso deste estudo, a análise de problemas demonstrou que os postos que agregam equipamentos de Soldadura MAG robotizada são alguns dos que despoletam a abertura de um maior número de *tickets*, aparecendo frequentemente no TOP 3 dos mais críticos. E, sabendo

que a UAP utiliza robôs de Soldadura MAG, SPR e Laser simultaneamente, no geral, é mais frequente a abertura de um maior número de *tickets* para os robôs de Soldadura MAG.

Dentro dos equipamentos de Soldadura MAG, pode ter-se MAG Convencional ou MAG CMT, deduzindo-se que daqui também se podem justificar alguns dos tipos de problemas que ocorrem, com base no estudo do próprio equipamento.

O tipo de processo utilizado influencia diretamente as nuances do equipamento que o vai sustentar. Por isso, por exemplo, no caso da Soldadura MAG Convencional e da Soldadura MAG CMT, os tipos de defeitos obtidos podem compreender-se melhor pela análise das variáveis que influenciam o correto funcionamento dos equipamentos, que devem ser adequados ao tipo de processo pretendido.

Assim, podem perceber-se melhor os problemas existentes analisando as diferenças entre os processos utilizados, e aprofundando um pouco o estudo sobre a base de cada um deles.

Por exemplo, a Soldadura MAG CMT é teoricamente mais estável do que a Soldadura MAG Convencional. Interessa perceber se, na prática, isto se verifica e, para isso, é necessário estudar os fatores que influenciam o processo.

Para este caso, mais concretamente, o que acontece é que na CMT existem dois motores de alimentação (um na máquina de soldar e um na tocha), que servem para estabilizar a velocidade de saída do fio e, assim, a penetração resultante é mais uniforme. Simultaneamente, a intensidade da corrente e a tensão do arco elétrico são mais baixas (a entrada de calor é menor), e as sucessivas descargas elétricas (curtos-circuitos) são mais estáveis e controladas.

Assim, em comparação com o processo MAG convencional, a soldadura MAG CMT permite soldar melhor peças mais finas. Se por um lado, para haver boa penetração é necessário mais calor, por outro, para materiais mais finos, um excesso de calor poderia perfurar as chapas a unir. O processo CMT é uma solução, na medida em que permite uma boa penetração com menos calor.

Com isto, a MAG CMT é uma soldadura mais estável e, teoricamente, possibilita soldas de maior qualidade, enquanto a MAG convencional é mais propícia à ocorrência de salpicos (projeções), por ser mais instável. Contudo, no processo CMT o desgaste da ferramenta é maior, já que o fio passa por dois motores de alimentação e é mais frequente a acumulação de resíduos de limalha nos componentes da tocha, que entopem mais facilmente a zona do sistema de alimentação. Consequentemente, as ações de desmontagem para limpeza/manutenção são mais demoradas, já que o *hardware* é mais complexo, e isto pode efetivamente prolongar o tempo de paragem de um robô de soldadura, por exemplo.

Outro aspeto é que a velocidade de avanço de fio (ou de fusão do material) é diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica fornecida e, por esta razão, nos robôs de soldadura, não se programa a intensidade da corrente, mas sim a velocidade de avanço de fio.

Por se tratar de Soldadura MAG, a velocidade de avanço de fio (ou velocidade de fusão do fio), a velocidade de deslocamento da tocha, e a tensão da corrente elétrica talvez sejam as variáveis mais importantes a controlar para garantir uma boa soldadura.

Por outro lado, deve ainda considerar-se o tipo de transferência do material de adição. Como foi referido anteriormente, existem três principais tipos de transferência do material de adição, em função do modo como o material é transferido para o banho: transferência por curto-circuito, transferência globular, ou transferência em *spray* (ou chuveiro).

Qualquer destes tipos de transferência têm a ver com a forma como a gota se destaca a cair no momento em que o material se aproxima do banho de fusão, e que é influenciada pela intensidade da corrente que é aplicada. Desta forma, todos os tipos de transferência influenciam a estabilidade do banho de forma diferente.

No caso da transferência em *spray* (ou chuveiro), sabe-se que é a mais estável de todas mas, em contrapartida, são necessárias intensidades de corrente muito elevadas para que o processo se concretize e, neste caso, não compensa este tipo de processo para o tipo de produto que se pretende obter na fábrica.

Poder-se-ia escrever mais um livro sobre tudo o que influencia a soldadura e relacionar a teoria base com o que se conheceu e observa na realidade.

Compreende-se que os resultados da Soldadura MAG traduzem-se precisamente na qualidade dos cordões de soldadura, que depende de muitos parâmetros por se tratar de um processo complexo, incluindo o equipamento, o operador e as condições base em que o processo ocorreu.

Precisamente por depender de muitas variáveis, o processo de Soldadura MAG é uma fonte crescente de aprendizagem e uma matéria complexa. Esta complexidade suscita o interesse para tentar perceber o que todos os fatores proporcionam em conjunto, e o porquê das variações nos resultados é um mar de possibilidades que, mesmo após começar a perceber melhor do assunto, requer cada vez mais conhecimento, sem haver nunca uma causa única que esteja sempre certa.

Claro que os outros tipos de soldadura não fogem muito deste pensamento, mas refere-se a ideia que ficou sobre o processo que melhor se estudou durante o período de estágio.

O estudo do problema de Afinação de Cordões ficou por aqui, pois não houve tempo para aprofundar mais toda esta análise dentro do período de estágio.

A ideia seria depois consultar resultados de relatórios Macro, onde se pudesse verificar mais especificamente quais os problemas detetados nos cordões determinados como os mais críticos, para além de se aprofundar melhor o estudo ao nível dos equipamentos, e dos próprios operadores, que são também uma das variáveis do processo do qual resultam estes defeitos, já que são problemas que estão diretamente relacionados com a Produção.

O problema da Afinação de Cordões é apenas um dos que se revelam como os mais críticos e que, por si só, já é um problema bastante complexo de estudar, como se pôde verificar. Posteriormente, o objetivo seria fazer um estudo similar dos outros tipos de problemas mais críticos, e para cada um dos postos considerados mais críticos.

## 9. Análise da Utilidade do Posto de Rodagem das corredeiras

Como foi referido inicialmente, na GAP das Preparatórias existe um posto de rodagem de corredeiras. Este posto foi alvo de um estudo que foi iniciado na Empresa, tratando-se de um outro trabalho que, ao longo do estágio, foi feito em paralelo com o trabalho realizado na fábrica para melhorar a gestão ao nível da Manutenção.

Inicialmente, muitas das corredeiras vinham do fornecedor com um esforço muito elevado para os bancos a que se destinavam, tornando-se perras e impedindo um correto deslizamento do banco. Este posto foi criado para reduzir o esforço de deslizamento das corredeiras, para que este movimento não seja travado por um esforço demasiado elevado em função do banco onde as corredeiras são montadas, e para que os bancos passem todos à primeira nos postos de inspeção final.

Para tal, as corredeiras fazem um determinado número de ciclos de rodagem, repetindo-se o seu movimento de deslizamento de vaivém, sendo cada movimento de vaivém considerado um ciclo.

Foi proposto estudar a utilidade atual deste posto, uma vez que, inicialmente, todas as corredeiras que viessem classificadas com um esforço acima de um determinado valor eram rodadas no equipamento e, atualmente, pensa-se que a necessidade já não seja exatamente a mesma.

### 9.1. Contextualização do problema

Verificou-se, esporadicamente, que algumas corredeiras, de várias referências, ao fazerem rodagem no equipamento, mantinham o seu esforço, quando o objetivo do equipamento é **reduzir este esforço**. Desta forma, é espetável que, ao fazer este estudo, se conclua que algumas das referências de corredeiras não precisam de rodar e provavelmente outras não precisarão de fazer tantos ciclos de rodagem até estabilizar o seu esforço, podendo com isto reduzir-se o tempo produtivo e, no limite, eliminar mesmo um posto de trabalho, reduzindo-se custos consideráveis.

### 9.2. Objetivo do estudo

Com este estudo pretende-se:

- Estudar a *fiabilidade da medição* do equipamento;
- Estudar o esforço e as classes para todas as *referências de corredeiras individualmente*;
- Estudar a *influência do esforço* das corredeiras em conjunto com o esforço de deslizamento final do banco;
- Estudar a *fiabilidade da rodagem* das corredeiras no equipamento, isto é, verificar a *utilidade atual do equipamento*.

Como objetivo final global pretende-se ainda determinar o *valor máximo de esforço* para todas as corredeiras (baseado nas corredeiras de classe mais alta), tendo em consideração que estas têm de passar no posto de inspeção final, qualquer que seja o banco em causa.

### 9.3. Variáveis associadas

O Posto em causa é constituído por um equipamento com quatro postos de rodagem.

Estes postos rodam todas as corredeiras, de ambos os projetos (Projeto 1 e Projeto 2).

Para qualquer projeto, existem três tipos de bancos:

- B1 – bancos mecânicos, sem apoio de braço;
- B2 – bancos mecânicos, com apoio de braço;
- B3 – bancos elétricos (levam motores elétricos para as funções de rebatimento dos bancos).

NOTA: O apoio de braço refere-se ao apoio que existe normalmente ao centro nos bancos de trás, para apoiar os braços ou mesmo para apoiar copos e comida.

#### 9.3.1. Corredeiras

Os projetos agregam várias referências de corredeiras, que diferem na sua estrutura física e no esforço de deslizamento que possuem.

De acordo com o seu esforço, as corredeiras dividem-se em várias classes, sendo a sua classe definida com base no intervalo de esforço onde se inserem.

Quanto maior é o esforço de deslizamento da corredeira, maior é a sua classe e, para cada classe, existe um número de ciclos pré-definido que a corredeira deve fazer para diminuir suficientemente o seu esforço, de modo a que, no fim, o banco passe no posto de inspeção final sem qualquer problema que possa ser causado pelo esforço das corredeiras.

O número de ciclos está programado no equipamento e, quando uma corredeira é colocada num dos postos do equipamento, a máquina lê a referência da corredeira através de um código *datamatrix* e, deste modo, sabe qual é o número de ciclos de rodagem que tem de fazer.

A Figura 93 ilustra um exemplo de corredeira.

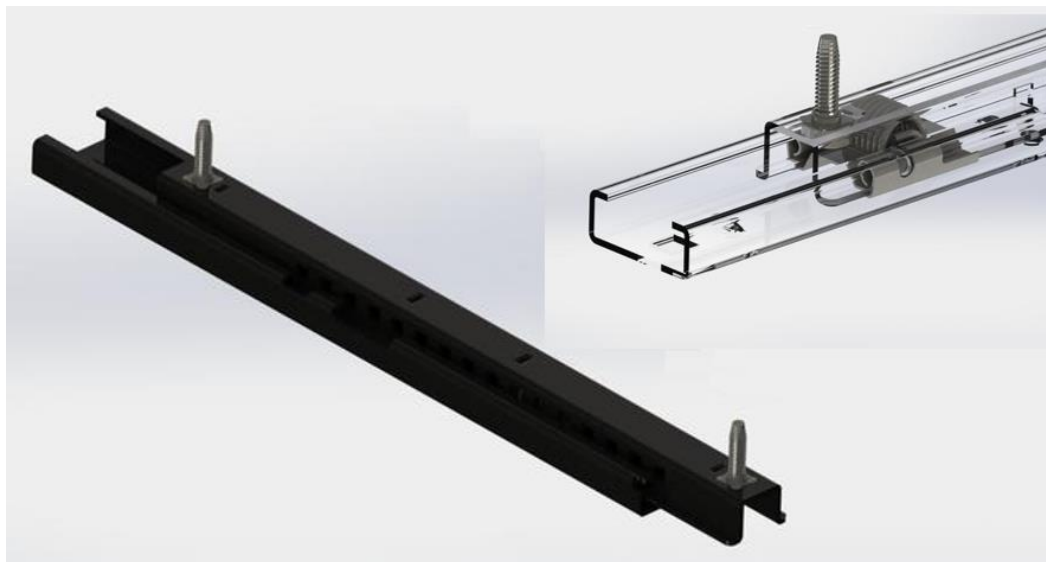


Figura 93 – Exemplo de corredeira [Adaptado de (Sébastien, 2014)].

Qualquer que seja a corredeira, a sua estrutura deve fornecer a estabilidade necessária ao seu funcionamento, de modo a permitir um correto deslizamento, sendo a base do mecanismo, e aquilo que vai influenciar diretamente o esforço da corredeira.

#### **9.4. Plano realizado**

Primeiramente, foi elaborado um plano detalhado (Anexo B) que pudesse responder aos objetivos do estudo.

Para saber como realizar o plano mais adequado, começou-se por fazer alguns testes, fazendo-se algumas medições, de modo a conhecer melhor o equipamento e as variáveis que influenciam as respetivas medições.

De forma resumida, refere-se de seguida em que consiste o plano realizado.

Até à data de entrega deste trabalho, apenas algumas das partes do plano foram concretizadas.

##### *1º Passo – Calibração do equipamento conforme as condições normais de funcionamento pré-definidas*

Começou-se por pegar em várias amostras de corredeiras e medir o esforço na máquina, em todos os postos, para perceber mais ou menos de que valores de esforço se tratava.

Inicialmente, a máquina estava a dar valores muito altos em todos os postos, relativamente ao que seria esperado.

Pegou-se em quatro corredeiras de referências diferentes, rodaram-se no equipamento até estabilizar o seu esforço e mediu-se em todos os postos cada uma delas; a seguir, foi medido o esforço manualmente para as mesmas corredeiras e, comparando os valores, verificou-se que a máquina estava a dar valores muito altos em relação à medição manual (base de comparação).

Com isto, calibrou-se a máquina, subtraindo o valor de esforço em excesso relativamente à medição manual, em cada um dos postos. Comparou-se com a medição manual, considerando que esta é relativamente fiável em relação ao valor real.

Depois desta primeira calibração, foi feito também o ajuste de parâmetros no programa, de igual forma para todos os postos (todos os postos com a mesma velocidade de deslizamento da correção, com o mesmo número de ciclos de medição, etc.).

### *2º Passo – Verificação de quais os postos mais fiáveis para medir o esforço das correções (Estudo R&R – Repetibilidade & Reprodutibilidade)*

Depois do ajuste dos valores medidos em cada posto e do ajuste dos parâmetros gerais no programa (igual para todos os postos), procedeu-se ao estudo prático da fiabilidade do equipamento.

#### *Estudo R&R*

Começou-se por recorrer ao conceito de um Estudo R&R, tomando conhecimento sobre o seu fundamento. Um Estudo R&R (Repetibilidade & Reprodutibilidade) permite investigar a variabilidade do sistema de medição utilizado, ajudando a perceber o peso da influência da ferramenta de medição no sistema de medição (Repetibilidade), e o peso da influência do operador no sistema de medição (Reprodutibilidade).

O Estudo R&R serviu para medir a veracidade da medição manual, avaliando-se se a ferramenta de medição é a mais adequada tendo em conta o que se pretende medir, e incluindo a determinação do peso da influência do operador nesta análise.

Para tal, escolheram-se dez correções aleatórias, tendo sido medido o esforço de cada correção três vezes por cada um de três operadores diferentes, fazendo-se um total de noventa medições. Com base no cálculo de variáveis estatísticas, como a média, o desvio-padrão e a variância, fez-se a análise de cada conjunto de três medições, estudando-se a variabilidade da ferramenta de medição (neste caso, um dinamómetro de tração-compressão) com a repetição da medição do esforço da correção três vezes por cada operador – Repetibilidade – e avaliou-se a influência do operador no sistema de medição, comparando-se os valores medidos entre os três operadores – Reprodutibilidade.

Deste modo, este primeiro estudo de avaliação do sistema de medição manual é fundamental para depois se poder determinar a fiabilidade de um sistema de medição automático (neste caso, o equipamento de rodagem das correções). Depois de se obter uma medição manual fiável (com base num Estudo R&R), pode então comparar-se a medição manual com a medição do equipamento, concluindo sobre a fiabilidade do equipamento.

#### *Estudo da fiabilidade do equipamento*

Depois de realizar o Estudo R&R ao sistema de medição manual, procedeu-se efetivamente à calibração do equipamento, avaliando a sua fiabilidade.



Começou-se por escolher quatro correções aleatórias e cada uma das correções foi medida cinco vezes em cada um dos postos. Com os valores que já existem é possível fazer uma análise genérica, para ter ideia de qual o posto mais fiável e que deve ser a base para os restantes passos.

É possível com os dados comparar os valores medidos entre postos – Reprodutibilidade – e a sua variabilidade repetindo a medição da correção no mesmo posto – Repetibilidade. E, além disso, pode comparar-se essas variações entre correções diferentes, para perceber se a análise permanece a mesma (ou seja, se as diferenças permanecem constantes).

Todas as medições foram repetidas pelo menos uma vez, para que todo o estudo posterior seja fiável.

Com base em todos os dados recolhidos, deduziu-se que todos os postos eram relativamente fiáveis, ainda que, por vezes, o valor de esforço medido para a mesma correção possa variar ligeiramente, mas não se considera ser uma diferença significativa. Como tal, escolheu-se aleatoriamente um dos postos, restringindo-se todos os testes seguintes apenas a este posto, e mantendo-se as condições de funcionamento do equipamento.

### *3º Passo – Perceção de qual é a classe da correção: Determinar a classe de todas as referências de correções, inclusive as que já vêm com a classe pré-definida*

De todas as correções existentes, apenas algumas vêm do fornecedor com uma classe pré-definida. A classe é útil para saber em que intervalo de esforço se encontra cada correção, para ser possível posteriormente definir quantos ciclos de rodagem é necessário fazer para diminuir suficientemente o seu esforço.

É importante saber qual é a classe, para ter uma ideia do número de ciclos de rodagem que a correção tem de fazer e, conseqüentemente, de quanto tempo precisa para fazer rodagem no equipamento, tendo em conta que, quanto maior é a classe, maior será o número de ciclos de rodagem de que necessita para que atinja o esforço pretendido.

Se se tiver uma noção da classe para cada referência e se fizer esta identificação regularmente ao longo do tempo, controlando eventuais variações de esforço, consegue definir-se mais concretamente qual a classe para cada referência.

Em paralelo, deve agrupar-se as referências de correções que fazem pares em conjunto nos vários bancos, e verificar qual é o intervalo de esforço que ambas fornecem em conjunto, com base na sua classe.

### *4º Passo – Variabilidade da classe na mesma referência de correção: Verificar se é significativa a variação do esforço dentro da mesma referência de correções*

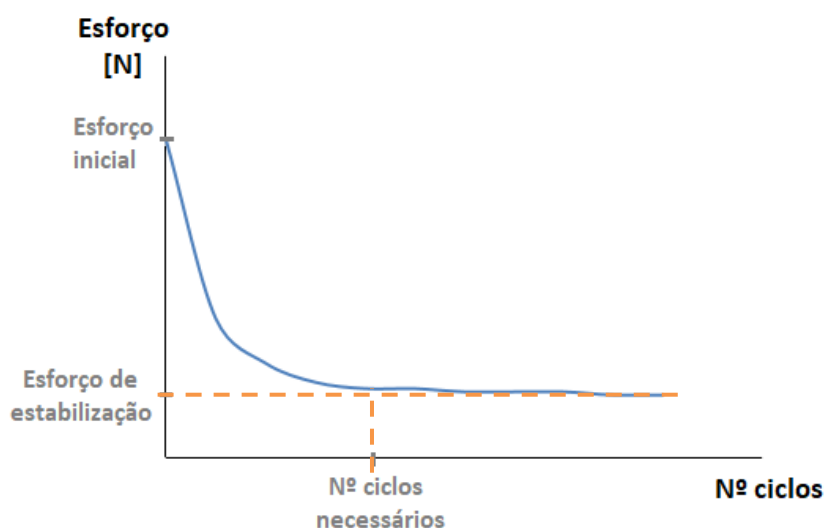
O objetivo é verificar se o esforço varia muito entre correções que deveriam ter mais ou menos o mesmo esforço, e fazer este controlo ao longo do tempo, repetindo sistematicamente as mesmas medições de esforço, para que se possam depois comparar entre si. Isto é, é possível

que, para uma mesma referência de correção, se obtenham pequenas variações de esforço. O problema é se estas variações são significativas, sendo importante perceber se podem influenciar todo o teste, na medida em que, se o esforço variar significativamente para a mesma referência, a referência é mais uma variável do estudo que não é fixa, sendo necessário estudar também mais esta variabilidade. Se se verificar que ao longo do tempo a variação permanece, deve alertar-se o fornecedor, já que, a mesma referência de correção não deveria ter mais do que uma classe.

*5º Passo – Determinação do esforço de estabilização: Determinar o valor de esforço para o qual cada correção estabiliza*

Este é um dos passos mais importantes do teste. O seu objetivo final é perceber qual o número de ciclos necessário para estabilizar o esforço, de acordo com cada correção em causa.

O objetivo seria medir o esforço de cada correção de 10 em 10 ciclos, de modo a poder obter-se um gráfico do esforço (em Newton [N]) em função do número de ciclos, determinando-se a curva de estabilização, como ilustra a Figura 94.



**Figura 94 - Ilustração da curva de estabilização do esforço de uma correção.**

Terá de medir-se o esforço inicial da correção, fazer 10 ciclos de rodagem, medir novamente o esforço, depois fazer mais 10 ciclos, e assim sucessivamente, até o valor de esforço medido estabilizar.

Se se concluir no passo anterior que a variação do esforço é significativa dentro da mesma referência, é necessário obter um gráfico para cada referência de correção. Caso isto não se verifique, basta obter um gráfico para cada classe de correção.

Com esta recolha de dados é espectável que se conclua que algumas das referências de correções não precisarão de fazer tantos ciclos de rodagem até estabilizar o seu esforço,

relativamente ao que acontece no momento atual, podendo com isto reduzir-se o tempo produtivo.

*6º Passo – Passar correções para a linha de montagem sem rodagem e verificar se passam no Posto de Inspeção Final*

A ideia deste passo seria tentar perceber qual o impacto geral de utilizar correções sem rodagem na produção, passando-as diretamente para a linha de Montagem sem que passem no equipamento de rodagem.

Fizeram-se alguns testes, registando sempre as referências dos pares de correções utilizadas e a referência do banco no qual foram montadas.

O mais importante seria testar em bancos elétricos, pois estes são os que têm de conseguir fazer o seu rebatimento sozinho, já que o operador não pode forçar o banco para que este melhore o seu movimento.

Chegou-se a passar na linha correções sem rodagem durante um turno seguido de produção do lado do Projeto 1, e verificou-se para todas as referências de correções que os bancos passaram todos (entre elétricos e mecânicos), contando apenas cerca de 10% dos bancos que precisaram de mais alguns ciclos de rodagem para passarem.

Interessa perceber se a quantidade de bancos que não passam na Inspeção Final é significativa, consoante as referências em causa (verificando isto para todas as referências).

NOTA: Deve ter-se em atenção que existe um risco associado a este passo se, eventualmente, algum banco não passar no Posto de Inspeção Final, já que, caso aconteça, esses bancos terão de ser retrabalhados, o que requer mais tempo e custos, podendo comprometer a produção prevista. Por isso, este passo deve ser bem ponderado para ser realizado em alturas em que a produção esteja mais baixa, diminuindo-se o risco de comprometer a produção necessária.

*7º Passo – Esforço das correções vs Esforço de Deslizamento do Banco: Perceção do impacto da restante estrutura do banco no deslizamento*

Nesta fase, pretende-se, para todas as combinações possíveis de referências de correções e bancos, medir o esforço individual das correções e, registando os valores aos pares, passar as correções para a linha sem rodagem; depois, verificar se os bancos passam no posto de controlo funcional e, no fim, medir o esforço de deslizamento do banco e comparar este valor com o esforço individual das correções. Com isto, é possível obter a diferença de esforço de deslizamento entre as correções e o banco completo, determinando um valor aproximado de esforço para o impacto da restante estrutura do banco no deslizamento.

Por fim, deve verificar-se se a diferença de esforço provocada pela restante estrutura é muito significativa em relação aos valores absolutos de esforço de deslizamento das correções e de esforço de deslizamento do banco.



## 10. Conclusões

Na Funfrap fez-se, essencialmente, o levantamento dos vários problemas diretamente relacionados com a Manutenção da fábrica, colaborando com o respetivo departamento. Começou-se por trabalhar ao nível da estrutura dos equipamentos, de forma a implementar um sistema de manutenção mais consistente. Foram sendo desenvolvidas atividades de Manutenção Preventiva referentes à reparação de subconjuntos de máquinas e preparação de trabalhos de fim-de-semana, e contribuiu-se para a melhoria da gestão da Manutenção Preventiva, com a análise das paragens ocorridas e dos conjuntos e subconjuntos mais críticos. Além disso, estudou-se a reformulação da codificação dos artigos para a reorganização do armazém de Peças-de-Reserva, tendo como objetivo atingir um sistema de gestão *Lean*.

O objetivo último dos estudos realizados visou o aumento da disponibilidade dos equipamentos com a diminuição de tempos de espera entre a comunicação de uma avaria e o início da respetiva intervenção, no caso das intervenções não planeadas. Isto permitirá reduzir custos e melhorar a gestão da manutenção dos vários procedimentos com necessidade de intervenção, e que requerem ações de melhoria contínua. Desta forma, com recurso aos dados existentes, tentou-se otimizar as respostas às intervenções necessárias, com base numa gestão mais eficiente dos ativos existentes, com a reformulação da Árvore da Máquina relativamente a cada equipamento e com a atualização da documentação base de instruções de trabalho (fichas SMP).

Na segunda Empresa a abordagem foi similar, mas colaborando mais diretamente com a Produção, tendo-se feito uma análise dos problemas ao longo do tempo, tentando perceber quais as suas causas-raiz e colaborando na construção de documentação *Standard*, essencialmente para tarefas de Manutenção Preventiva. Em paralelo, iniciou-se o estudo da utilidade de um dos postos de trabalho da fábrica, elaborando um plano para proceder à análise das suas variáveis.

O objetivo final seria, com uma maior base temporal, analisar indicadores que demonstrassem a melhoria e otimização das respostas das intervenções realizadas e o aumento da eficácia da Manutenção Preventiva, com base também numa gestão mais eficiente dos ativos existentes, com a análise das paragens ocorridas e dos postos/equipamentos mais críticos. Se o período de estágio se prolongasse no tempo, poder-se-ia analisar os dados das avarias posteriormente e verificar uma eventual diminuição do número geral de *tickets* abertos e do tempo de paragem, após a Transferência de Tarefas realizada, determinando quais as ações que mais diminuiram o número de pedidos de intervenção.

Para além disso, seria interessante continuar com o plano de avaliação da utilidade do equipamento de rodagem das corredeiras, e ver o fim dos seus resultados, para se poder decidir sobre as ações mais adequadas a tomar de forma a reduzir custos. Com base na pequena amostra de medições já realizadas, é espectável que se conclua que algumas das referências de corredeiras não precisam de fazer rodagem e provavelmente outras não precisarão de fazer tantos ciclos de rodagem até estabilizar o seu esforço. Com isto, pode reduzir-se o tempo produtivo, ou até mesmo eliminar um posto de trabalho, reduzindo-se custos consideráveis.

Por outro lado, ter-se-ia como objetivo o estudo de uma outra questão relacionada com a Produção, nomeadamente, estudar a rotina dos GAP Leader's, tentando-se perceber quais as tarefas que lhes estão confinadas, a sua formação para tal e o tempo de execução que é necessário para cumprirem as tarefas por que são responsáveis durante as 07h30 de laboração de cada turno, de forma a perceber se têm tempo suficiente para executar as suas tarefas diárias, se necessitam de mais formação, ou eventualmente se será necessário propor um aumento do número de GAP Leader's no ano futuro.

Em ambas as empresas foram estudadas soluções possíveis a implementar para tentar colmatar alguns dos pontos fracos existentes, fazendo o levantamento de problemas, traçando planos de melhoria e estudando as suas diversas vertentes.

O facto de as atividades terem decorrido em duas empresas pertencentes ao mesmo ramo industrial foi francamente importante e permitiu obter uma aprendizagem tal, que aumentou significativamente a visão geral da autora sobre esta área de negócio, já que pôde conhecer duas áreas de fabrico complementares, com processos de fabrico diferentes.



- bizfeira. (s.d.). *EMPRESAS, BEYOND THE POWER, LDA*. Obtido de bizfeira: <http://www.bizfeira.com/pt/empresas/beyond-the-power-lda/>
- Bollhoff, s. (2018). *Rebites estruturais cegos HUCK; Para fixações de alta resistência quando está disponível o acesso por um dos lados*. Obtido de BOLLHOFF: <https://www.boellhoff.com/pt-pt/produtos-e-servicos/elementos-de-uniao-especiais/rebites-cegos-e-lockbolts-huck.php>
- Brammer. (s.d.). *Rodillos esféricos, BS2-2215-2CS*. Obtido de BRAMMER: <https://es.brammer.biz/product/29676/name/BS2-2215-2CS>
- Buen, M. (2016). *ENTENDA NA PRÁTICA O QUE É TORQUE E FORÇA DE UNIÃO*. Obtido de Linkedin: <https://www.linkedin.com/pulse/entenda-na-pr%C3%A1tica-o-que-%C3%A9-torque-e-for%C3%A7a-de-uni%C3%A3o-marcello-bueno>
- Caetano, M. (2014). *Correias Transportadoras Especiais*. Obtido de CTBorracha: <https://www.ctborrracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/correias-transportadoras-especiais-2/>
- Cardoso, C. (4 de dezembro de 2017). *O PROGRAMA WORLD CLASS MANUFACTURING DA CHRYSLER, FIAT & CO*. Obtido de kitemes: <http://www.kitemes.com.br/2017/12/04/o-programa-world-class-manufacturing-da-chrysler-fiat-co/#post/0>
- CentralGest. (2018). *Gestão da Manutenção*. Obtido de CentralGest: <http://www.centralgest.com/software/manutencao/gestao-da-manutencao>
- Commons, W. (6 de August de 2017). *File:Orbital 4-step best copy.jpg*. Obtido de Wikimedia Commons.
- CONVEYORS, N. (13 de october de 2018). *Types of Bucket Elevators*. Obtido de NEO CONVEYORS: <https://www.bulkmaterialshandling.in/types-of-bucket-elevators/#more-186>
- cotanet. (s.d.). *Comprar Rolamentos Skf*. Obtido de CotaNet: <http://industrial.cotanet.com.br/rolamentos/comprar-rolamentos-skf>
- dzbj.com. (s.d.). *Small Dia. Lock bolt 3/16~3/8*. Obtido de DAZHONG STANDARD PARTS: [http://www.dzbj.com/products\\_detail/productId=69.html](http://www.dzbj.com/products_detail/productId=69.html)
- EAGLE. (s.d.). *Hybrid Welding - LASER - GMA (LASER- MIG/MAG, WIG)*. Obtido de EAGLE: <http://kks770709.cafe24.com/hybrid-welding.html>
- Eichinger, M. (April de 2018). *Pop Rivets vs. Blind Rivets: What You Need to Know*. Obtido de Bay Supply: <https://blog.baysupply.com/pop-rivets-vs.-blind-rivets-what-you-need-to-know>
- Eichinger, M. (February de 2018). *What are Pop Rivets?* Obtido de Bay Supply: <https://blog.baysupply.com/what-are-pop-rivets>



- EMHART TEKNOLOGIES, e. (s.d.). *POP Blind Riveting Systems*. Obtido de klsales: <https://klsales.com/wp-content/uploads/2013/11/POP-Rivet-Catalog.pdf>
- Empresas+. (27 de Nov de 2018). *Know-how de 30 anos na arte da fundição de ferro*. Obtido de Empresas+: [http://www.empresasmais.pt/reportagem-individual.php?publication\\_id=192](http://www.empresasmais.pt/reportagem-individual.php?publication_id=192)
- EXPRESS, C. (2016). *curva abc – principio de pareto*. Obtido de blog CCA express: <http://www.ccaexpress.com.br/blog/curva-abc-para-estoque-e-vendas-como-fazer/curva-abc-principio-de-pareto/>
- Farinha, J. M. (2011). *MANUTENÇÃO, A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão*. MONITOR.
- Ferreira, L. (s.d.). *Apostila Operações Unitárias - 2º Módulo*. Obtido de Ebah: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA2jQAA/apostila-operacoes-unitarias-2-modulo?part=3>
- Formação, A. -A. (2018). *A SOLDADURA NA INDÚSTRIA*. Obtido de ATEC: <https://www.atec.pt/formacao-e-consultoria/artigos-tecnicos/a-soldadura-na-industria.html>
- Fronius. (s.d.). *Direct Industry*. Obtido de TOCHA DE SOLDAGEM MIG-MAG / RESFRIADA A AR / PUSH-PULL: <http://www.directindustry.com/pt/prod/fronius/product-5983-1885477.html>
- Garcia, R. (Agosto de 2011). *Conceitos Relevantes sobre Coeficiente de Atrito*. Obtido de Conceitos Gerais sobre Torque e Processos de Torque: [http://www.metaltork.com.br/i\\_prot/biblioteca/Cartilha\\_RobertoGarcia.pdf](http://www.metaltork.com.br/i_prot/biblioteca/Cartilha_RobertoGarcia.pdf)
- Gastolin, E. (2017). *Processo de Soldagem MIG/MAG; Processo de soldagem por arco elétrico com gás de proteção de alta produtividade*. Obtido de Eutectic Gastolin: <http://www.eutectic.com.br/equipamentos-soldagem-mig-mag.html>
- GestaoIndustrial.com. (2018). *Lean Manufacturing*. Obtido de GestaoIndustrial.com: <https://gestaoindustrial.com/lean-manufacturing/>
- Global, D. S. (Dezembro de 2010). *What is a Pop Rivet? | Design Squad*. Obtido de YOUTUBE: [https://www.youtube.com/watch?v=9aoXmzdSf\\_I](https://www.youtube.com/watch?v=9aoXmzdSf_I)
- Gonçalves, V. (2018). *Kanban: o que é e como funciona?* Obtido de Voitto: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/kanban>
- Ideal. (s.d.). *Rebite Alumínio Pop 510 (milheiro)*. Obtido de Ideal Resinas e Silicones: <http://idealresinas.com.br/loja/rebite-aluminio-pop-510-milheiro/>
- IONIX. (s.d.). *HYBRID LASER WELDING*. Obtido de IONIX: <http://www.ionix.fi/en/technologies/laser-processing/hybrid-laser-welding/>
- IONIX. (s.d.). *LASER WELDING*. Obtido de IONIX: <http://www.ionix.fi/en/technologies/laser-processing/laser-welding/>

- JET. (03 de 2015). *Pneumatic Riveter*. Obtido de JET: <https://images.homedepot-static.com/catalog/pdfImages/e5/e5cd4b68-9e33-4084-b2fb-a1a93cc8e30b.pdf>
- José F. Oliveira Santos, L. Q. (1998). *PROCESSOS DE SOLDADURA*. ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade): Biblioteca Inst. Sup. de Engenharia de Coimbra.
- LIVE, E. (February de 2013). *Consider spin and orbital riveting*. Obtido de ENGINEER LIVE: <https://www.engineerlive.com/content/15100>
- LojadoMecanico. (s.d.). *Alicate Rebitador Manual Profissional 10 Pol. - BLACK JACK-K110*. Obtido de LojadoMecanico: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/85707/2/571/alicate-rebitador-manual-profissional-10-pol-black-jack-k110>
- Lubricants, N. (s.d.). *Chassis Components*. Obtido de Nye Lubricants, technology in motion: <https://www.nyelubricants.com/chassis-components>
- Lubricants, N. (s.d.). *Electrical Components*. Obtido de Nye Lubricants, technology in motion: <https://www.nyelubricants.com/electrical-components>
- Luo, Y., Rui, W., Xie, X., & Zhu, Y. (March de 2016). *Study on the nugget growth in single-phase AC resistance spot welding based on the calculation of dynamic resistance*. Obtido de ScienceDirect, Elsevier, Journal of Materials Processing Technology: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013615301606?via%3Dihub>
- MacroWeld. (s.d.). *Binzel Style 501d Water Cooled Mig Welding Consumables*. Obtido de MacroWeld: <https://macroweld.com.au/product/binzel-style-501d-water-cooled-mig-welding-consumables/>
- Mendes, M. J. (Setembro de 2009). *Optimização e estudo dos parâmetros de soldadura MAG Robotizada de uma estrutura tubular de aço S235 com o fio consumível G3Si1*. Obtido de Relatório de Dissertação do MIEMM, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57576/1/000136121.pdf>
- México, B. F. (s.d.). *Controles y analizadores de soldadura*. Obtido de British Federal México: <https://bfmx.com/controles-y-analizadores-de-soldadura/>
- Miguel, L. M. (Setembro de 2013). *METODOLOGIA PARA A MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO EFICIENTES DE SISTEMAS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA*. Obtido de Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/40559/1/Metodologia%20para%20a%20Manutencao%20e%20Operacao%20Eficiente%20de%20Sistemas%20em%20Edificios%20Escolares%20da%20Universidade%20de%20Coimbra.pdf>
- Mills, P. R. (s.d.). *Bucket Elevator Belts*. Obtido de ExportersIndia: <https://www.exportersindia.com/premierrubbermills/bucket-elevator-belts-1369116.htm>

- Mountz, I. (s.d.). *Demystifying Torque: What You Should Know About Torque Control & Its Impact on the Bottom Line*. Obtido de Mountz, the torque tool specialists: <https://www.mountztorque.com/sites/default/files/White%20Paper%20on%20Demystifying%20Torque.pdf>
- Mraz, S. (Abr de 2016). *MachineDesign*. Obtido de Radial and Orbital Riveting Add Finesse to Fastening, Joining: <https://www.machinedesign.com/mechanical/radial-and-orbital-riveting-add-finesse-fastening-joining>
- Netland, T. (May de 2013). *The World Class Manufacturing programme at Chrysler, Fiat & Co*. Obtido de better operations, Thoughts on continuous improvement: from TPS to XPS: <https://better-operations.com/2013/05/22/world-class-manufacturing-at-chrysler-and-fiat/>
- Oerlikon. (2018). *MIG-MAG Welding, Shielded arc welding*. Obtido de Oerlikon: <https://www.oerlikon-welding.com/processes/mig-mag-welding-process>
- opservices. (Agosto de 2015). *MTTR E MTBF, O QUE SÃO E QUAIS SUAS DIFERENÇAS?* Obtido de OPSERVICES: <https://www.opservices.com.br/mttr-e-mtbf/>
- Part-onTools. (s.d.). *Huck Magna Grip Lock Bolt*. Obtido de YOUTUBE: <https://www.youtube.com/watch?v=RgddxNFOXCU>
- Plant, E. (s.d.). *The Fundamentals: The Basics Of Torque Measurement*. Obtido de EFFICIENT PLANT, Formerly Maintenance Technology: <https://www.efficientplantmag.com/2007/01/the-fundamentals-the-basics-of-torque-measurement/>
- Roberto Monteiro, P. E. (s.d.). *Kanban & Just in time*. Obtido de Ebah: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAfLGEAD/kanban#>
- Rosado, T. M.-B. (Setembro de 2008). *Inovação do Processo MIG/MAG - Análise de Produtividade e Emissão de Fumos*. Obtido de Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137855387/TESE>
- Rural, M. (s.d.). *Elevador de canecas várias medidas -- (Cód. 126183)*. Obtido de MF Rural: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/elevador-de-canecas-varias-medidas--126183.aspx>
- S. Selvia, A. V. (2017). *Cold metal transfer (CMT) technology - An overview*. Obtido de ScienceDirect; Defence Technology; ELSEVIER; Mechanical Engineering, Institute of Road and Transport Techno Mechanical Engineering, Institute of Road and Transport Technology, India: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214914717301022#bib1>
- Sago, M. (2015). *Sistemas de Produção, Capítulo 4, Sistema Kanban*. Obtido de SlidePlayer: <https://slideplayer.com.br/slide/2264125/>

- Santos, M. J. (Fevereiro de 2009). *Gestão de Manutenção do Equipamento*. Obtido de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60041/1/000134665.pdf>
- Sébastien, G. c. (February de 2014). *Seat rail*. Obtido de GrabCAD, a STRATASYS solution: <https://grabcad.com/library/seat-rail-1>
- Silva, A. R. (11 de M01 de 2016). *PASSO A PASSO PARA IMPLANTAR O SISTEMA KANBAN*. Obtido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/passos-para-implantar-o-sistema-kanban-andre-rodrigues-da-silva>
- SINFIC. (2007). *A História do Lean Manufacturing*. Obtido de SINFIC: <http://www.sinfic.pt/SinficWeb/displayconteudo.do2?numero=24869>
- SINFIC. (s.d.). *A Curva ABC e a Gestão de Stocks*. Obtido de SINFIC: <http://www.sinfic.pt/SinficWeb/displayconteudo.do2?numero=46022>
- Strategos - Consultants, E. S. (2016). *A History of Lean Manufacturing*. Obtido de Strategos-International: [http://www.strategosinc.com/just\\_in\\_time.htm](http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm)
- Systems, A. F. (2018). *Magna-Grip, Installation Sequence*. Obtido de Arconic: <https://www.afshuck.net/us/en/products/fasteners/huckbolts/magna-grip.html>
- TEKSID. (2015). *Teksid*. Obtido de <http://www.teksid.com/it/iron/stabilimenti/aveiro>
- TIMKEN. (s.d.). *BLOQUE COJINETE DE PLACA / DE RODILLOS ESFÉRICOS / DE HIERRO FUNDIDO / ROBUSTO*. Obtido de Direct Industry: <http://www.directindustry.es/prod/timken-europe/product-7626-1150319.html>
- Tools, M. A. (2018). *FAR FHU05 Structural Rivet Gun & Lockbolter*. Obtido de Mettex Air Tools: <https://mettexairtools.co.uk/product/far-fhu05-structural-rivet-gun-lockbolt-tool/>
- Tools, W. D. (s.d.). *How to install blind rivets, Step 5 - Using rivet gun*. Obtido de Wonkee Donkee Tools: <https://www.wonkeedonkeetools.co.uk/rivets/how-to-install-blind-rivets/>
- Torneiro, L. (Outubro de 2017). *SOLDA MIG 250 V8 BRASIL TROCANDO O ROLO DE ARAME*. Obtido de YOUTUBE: <https://www.youtube.com/watch?v=LlefOYXbtuo&feature=youtu.be&t=20>
- TsTech. (s.d.). *Seat Construction, Cutaway diagram*. Obtido de TsTech: <http://www.tstech.co.jp/english/ir/individual/understanding.html#scene2>
- WURTH. (s.d.). *FIO DE SOLDADURA PARA GÁS DE PROTEÇÃO SG2*. Obtido de WURTH: <https://eshop.wurth.pt/Categorias-de-Produto/Fio-de-soldadura-SG2-bobina-fixa/31247001030109.cyid/3124.cgid/pt/PT/EUR/>

## Anexos

### Anexo A - Métodos utilizados pelo Pilar PM da empresa Funfrap

O Pilar PM agrega vários métodos de aplicação de procedimentos, ferramentas e mecanismos utilizados na gestão da manutenção, entre eles:

- Etiquetas TAG's (para identificar anomalias);
- Fichas EWO's (*Emergency Working Order* – Ordem de Trabalho Urgente: ficha que se preenche quando há uma avaria);
- Análise 5W+1H (*What* – O quê, *When* – Quando, *Where* – Onde, *Who* – Quem, *Which* - Qual e *How* – Como: para identificar qual o problema que provocou uma avaria, por exemplo);
- Método dos 5W (5 **Why**'s – 5 porquês: para identificar a causa raiz de uma avaria);
- Método dos 5S (*Seiri* – Separar, *Seiton* – Ordenar, *Seizo* – Limpar, *Seiketsu* – Padronizar, *Shitsuke* – Manter e Melhorar: para organizar e classificar o posto de trabalho);
- Fichas OPL's (*One Point Lesson* – Lição em Um Ponto: ferramenta de formação que ensina algo sobre um ponto em específico numa determinada operação);
- Fichas SOP's (*Standard Operating Procedure* – Procedimento Padrão de Operação) e SMP's (*Standard Maintenance Procedure* - Procedimento Padrão de Manutenção) – conjunto de instruções-padrão que descrevem como efetuar corretamente uma determinada operação no posto de trabalho;
- Kaizen's (sugestões de melhorias para melhor uso dos recursos existentes);
- Método 5G (*Gemba* – Local atual, *Gembutsu* – Objetos atuais, *Genjitsu* – Factos atuais, *Genri* – Princípios, *Gensoku* – Standards e Parâmetros: atos simples que incorporam 5 passos básicos para resolver eficazmente um problema);
- Método 4M (ferramenta utilizada para identificar a causa do problema de um defeito na qualidade do produto, que agrega 4 grandes fatores influenciáveis: **M**aterial - Material, **M**achine - Máquina, **M**an – Homem (Mão-de-Obra) e **M**ethod - Método);
- Análise S.W.O.T. (para análise e diagnóstico do ambiente atual de cada Pilar e projeção de planos de ação para o futuro, com base nas *Strengths* - Forças, *Weaknesses* - Fraquezas, *Opportunities* - Oportunidades e *Threats* - Ameaças);
- Ficha MPInfo (*Maintenance Prevention Information* – documento para registo de uma melhoria efetuada, com descrição simples, esquema/foto do problema e solução, com o objetivo de evitar os mesmos erros no futuro);

- TWTP/HERCA – são duas ferramentas que trabalham em conjunto para determinar uma contramedida para um erro humano específico, incluindo a análise do modo como os trabalhadores são ensinados (*The Way To Teach People*) e a identificação da causa raiz do erro humano (*Human Error Root Cause Analysis*);
- Pirâmide Heinrich da Segurança (instrumento de representação gráfica do estado dos acidentes e condições/atos inseguros, que serve de análise na resolução de incidentes no contexto industrial);
- LOTO – (*Lock Out* – Bloqueio, *Tag Out* – Identificação: procedimento de segurança utilizado sempre que é necessário intervir numa máquina, e que inclui dispositivos de bloqueio, de identificação e de isolamento para garantir a segurança de todos os trabalhadores que vão intervir na máquina);
- Poka Yoke (*Poka* – Erro, *Yoke* – Prevenir: dispositivo à prova de erros, destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos);
- Mapas de Avarias (por cada máquina, pode construir-se um mapa com as avarias ocorridas e com o registo dos tempos MTTR e MTBF);
- *Machine Ledger* (matriz de planificação de intervenções para uma máquina, que indica quais as intervenções de manutenção que foram previstas para essa máquina).

## **Anexo B - Plano de Análise da Utilidade do Posto de Rodagem das corredeiras**

Neste apêndice apresenta-se o plano detalhado que foi elaborado para o estudo da utilidade do posto de rodagem de corredeiras.

### **1º Passo – Calibrar o equipamento conforme as condições normais de funcionamento pré-definidas**

Programar todos os postos de igual forma, e corrigir a veracidade dos valores indicados na consola em relação aos valores efetivamente medidos:

1. Predefinir o mesmo valor de **força vertical que é aplicada** em cada posto, quer para a medição do esforço, quer para a rodagem da corredeira;
2. Predefinir o mesmo valor de **força horizontal que é aplicada** em cada posto, quer para a medição do esforço, quer para a rodagem da corredeira;
3. Predefinir o mesmo **intervalo de valores relativamente à distância que é considerada para o cálculo da média do esforço** da corredeira, de igual forma para todos os postos (verificar o intervalo do conjunto de pontos medidos e corrigir a definição de cálculo para o valor de esforço médio);
4. Predefinir/confirmar que o valor máximo de esforço dado pela consola é, em todos os postos, **o máximo relativamente ao mesmo intervalo do conjunto de pontos** que ficará definido para determinar o valor médio de esforço da corredeira.

### **2º Passo – Verificar quais os postos mais fiáveis para medir o esforço das corredeiras (Estudo R&R – Repetibilidade e Reprodutibilidade)**

1. Realizar Estudo R&R ao sistema de medição manual;
2. Iniciar estudo da fiabilidade do equipamento, começando por estabilizar o esforço de uma corredeira aleatória (fazer rodagem no equipamento e ir medindo até o esforço estabilizar);
3. Medir a mesma corredeira em todos os postos do equipamento;
4. Medir a mesma corredeira manualmente (fazer 2 ou 3 medições e calcular a média);
5. Repetir os pontos 1. a 3. mais uma ou duas vezes, utilizando corredeiras de referências/classes diferentes;
6. Comparar as diferenças entre os valores dados pelo equipamento nos vários postos relativamente ao valor medido manualmente;
7. Concluir quais os postos que dão os valores mais próximos da medição manual e, portanto, os que à partida serão os mais fiáveis.

**3º Passo – Perceber qual é a classe da correção: Determinar a classe de todas as referências de correções, inclusive as que já vêm com a classe pré-definida**

1. Recolher uma amostra de 12 correções sem rodagem (2 caixas aleatórias) de cada referência;
2. Medir o esforço de 12 correções no posto do equipamento escolhido como o mais fiável, e determinar a média de esforço para a respetiva referência;
3. Repetir os pontos 1. e 2. Para todas as referências de correções;
4. Atribuir a classe adequada a todas as referências de correções, com base no valor médio de esforço obtido;
5. Em relação às referências que já vêm com a classe pré-definida, comparar as classes determinadas com as classes definidas pelo fornecedor; verificar se existem diferenças e, nestes casos, repetir o estudo com amostras diferentes; caso a diferença persista, alertar o fornecedor.
6. O ideal seria repetir os pontos 1. a 6. para todas as referências, pelo menos mais uma vez, de modo a aumentar a mostra base para a generalização das conclusões tiradas.

NOTA: Registar os valores médios de esforços, agrupando as referências de correções que fazem pares em conjunto nos vários bancos.

**4º Passo – Variabilidade da classe na mesma referência de correção: Verificar se é significativa a variação do esforço dentro da mesma referência de correções**

Após a realização do 3º passo, com base numa dada amostra de correções, correções de uma mesma classe deveriam ter sempre valores de esforço dentro desse intervalo pré-definido pela classe, qualquer que seja a correção.

1. Recolher uma amostra de 12 correções sem rodagem (2 caixas aleatórias) de uma dada referência;
2. Medir o esforço das 12 correções através do mesmo sistema de medição (manual ou num mesmo posto fiável do equipamento);
3. Repetir os pontos 1. e 2. para as outras referências de correções;
4. Comparar valores de esforço determinados nas diferentes correções e verificar se, em alguma das referências, existe variabilidade significativa dos valores de esforço entre correções;
5. O ideal seria repetir os pontos 1. a 4. para todas as referências, pelo menos mais uma vez, de modo a aumentar a amostra base para generalização das conclusões tiradas.

NOTA: O objetivo é verificar se o esforço varia muito para correções que deveriam ter mais ou menos o mesmo esforço.



**5º Passo – Determinar o esforço de estabilização: Determinar o valor de esforço para o qual cada corredeia estabiliza**

1. Criar uma nova referência e programar no equipamento, de modo que qualquer posto faça apenas 10 ciclos de rodagem quando o sensor lê esta referência;
2. Imprimir um número suficiente de etiquetas com esta referência para colar por cima do código *datamatrix* das corredeias a estudar;
3. Recolher 12 corredeias (2 caixas aleatórias) de uma dada referência, identificá-las a marcador com a atribuição de um número e colar etiqueta com nova referência em cima do *datamatrix* de cada uma das corredeias;
4. Medir o esforço inicial de cada uma das corredeias (medir no posto mais fiável determinado no 2º passo), e registar valores;
5. Fazer rodagem de 10 ciclos a cada uma das corredeias (preferencialmente sempre no mesmo posto, considerando-se o mais fiável);
6. Medir novamente o esforço de cada uma das corredeias, e registar valores;
7. Fazer rodagem de mais 10 ciclos a cada uma das corredeias;
8. Repetir os pontos 6. e 7. para as 12 corredeias até verificar-se que o valor de esforço medido não desce mais e, conseqüentemente, determinar o valor de esforço de estabilização do deslizamento da corredeia e determinar o número de ciclos que seriam necessários para diminuir ao máximo (/estabilizar) o esforço da corredeia;
9. Comparar valores de esforço de estabilização e nº de ciclos necessários entre as 12 corredeias; verificar se existem diferenças significativas entre corredeias e, caso exista, repetir estudo com outra amostra de corredeias; caso as diferenças persistam, verificar se a referência em causa foi determinada com variabilidade significativa no 4º passo, e ponderar se faz sentido que esta variabilidade seja “reclamada” ao fornecedor;
10. Determinar o esforço médio de estabilização e o número de ciclos, com base na amostra de 12 corredeias (fazer isto quando se considere que não há diferenças significativas dos valores obtidos entre corredeias da mesma referência);
11. Repetir os pontos 3. a 9. para todas as referências/classes de corredeias;
12. Comparar os valores obtidos de esforço médio de estabilização o número médio de ciclos entre referências diferentes, e perceber se as diferenças significativas estão entre classes, ou referências, ou mesmo entre corredeias da mesma referência (ponto 9.).

NOTA: O objetivo principal é obter os gráficos do esforço em função do nº de ciclos, para cada referência de corredeia, obtendo a curva de estabilização para cada uma delas.

**6º Passo – Passar corredeias para a linha de montagem sem rodagem e verificar se passam no Posto de inspeção Final**

1. Recolher aleatoriamente 12 corrediças (2 caixas) **sem rodagem** de uma das referências que apresentam as classes mais baixas (determinadas no 3º passo);
2. Passar corrediças para a linha de montagem e marcar bancos que levam corrediças sem rodagem;
3. No Posto de Inspeção Final, verificar dos 6 bancos, quantos passaram e qual a **referência de cada banco** (registrando ainda se é B1/B2 ou B3);
4. Repetir os pontos 1. a 3. para as outras referências de corrediças e registrar se os bancos passam no Posto de Inspeção Final;
5. Verificar se, em quantidade, houve um número significativo de bancos que não passaram à primeira, e de quais bancos se tratavam (registrar referências dos bancos e referências de corrediças utilizadas).

NOTA: Para cada caso, registrar sempre as referências dos pares de corrediças utilizadas e a referência do banco no qual foram montadas.

#### **7º Passo – Esforço das corrediças vs Esforço de Deslizamento do Banco: Percepção do impacto da restante estrutura do banco de deslizamento**

1. Consultar folhas de 1ª Peça OK, onde constam os valores de esforço de cada banco, medimos manualmente, para ter uma ideia mais concreta dos valores de esforço de que se trata e perceber a diferença entre o esforço individual das corrediças e o esforço global do banco;
2. Depois de obter os resultados do 5º passo, para cada caso, comparar valores do esforço individual das corrediças (esforço de estabilização) com o esforço global do banco através de medição manual; colocar corrediças rodadas a passar na linha (registrar referências e marcar peças) e registrar valor de esforço global do banco manualmente, depois de passar no posto de inspeção final, e verificar diferença entre esforço das corrediças e esforço do banco;
3. Repetir ponto 2., essencialmente, para todas as referências de bancos B3, registrando as referências das corrediças utilizadas.